





В. И. ЛАЗАРЕВ
Л. Г. ЛИШИН
В. И. ПАРХОМЕНКО

БЫТОВЫЕ ВИДЕОМАГНИТОФОНЫ

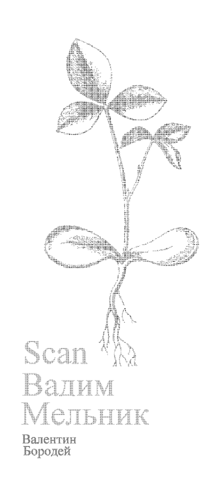


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 779

В. И. ЛАЗАРЕВ, Л. Г. ЛИШИН, В. И. ПАРХОМЕНКО

БЫТОВЫЕ ВИДЕОМАГНИТОФОНЫ





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1971

6 Ф2.7
Л 17

УДК 621.397 642

Лазарев В. И. и др.

Л 17 Бытовые видеомагнитофоны, М., «Энергия», 1971

72 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 779)
Перед загл. авт.: В. И. Лазарев, Л. Г. Лишин, В. И. Пархоменко

Книга знакомит читателей с принципом работы и устройством видеомагнитофонов с одной и двумя вращающимися головками. Приведены методы расчета некоторых основных механических и электрических характеристик видеомагнитофонов, иллюстрированные примерами, и рассмотрено применение бытовых видеомагнитофонов.
Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей.

3-4-5
313-71

6 Ф2.7

ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ ЛАЗАРЕВ,
ЛАВРЕНТИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ЛИШИН,
ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ ПАРХОМЕНКО

Бытовые видеомагнитофоны

Редактор *А. И. Кузьминов*

Обложка художника *А. И. Иванова*

Технический редактор *О. П. Преснякова* Корректор *Л. К. Голышева*

Сдано в набор 9/XII 1970 г. Подписано к печати 5/VII 1971 г. Т-09768
Формат 84 × 108[1]/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 3,78 Уч.-изд. л. 5,09
Тираж 25 000 экз. Цена 21 коп. Зак 575

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 13 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Москва, ул. Баумана, Денисовский пер., д. 30.

Отпечатано в Московской типографии № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Шлюзовая наб., 10. Зак. 290.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

1. Основные сведения

При магнитной записи-воспроизведении телевизионных сигналов канал магнитной записи должен пропускать широкую полосу частот, от десятков *герц* до нескольких *мегагерц*. Частотная характеристика его ограничивается различного рода потерями, зависящими от свойств магнитных головок и лент. Потери, возникающие в процессе записи и воспроизведения электрического сигнала, делятся на две группы.

К первой, наиболее многочисленной группе, относятся потери, зависящие от длины волны сигнала, т. е. волновые потери записи-воспроизведения. К их числу принадлежат: потери при записи; щелевые потери, определяемые шириной рабочего зазора воспроизводящей головки; контактные потери, обусловленные промежутком между головкой и лентой; слойные потери, связанные с толщиной рабочего слоя ленты и др.

Ко второй группе относятся частотно-зависимые потери в сердечниках записывающих и воспроизводящих головок (гистерезисные потери, потери на вихревые токи). В диапазоне звуковых частот потери этого рода не оказывают большого влияния на характеристику канала записи-воспроизведения. В области видеочастот частотно-зависимые потери достигают больших величин, а при неудачной конструкции головки характеристика канала записи-воспроизведения может всецело определяться этими потерями. Поэтому при конструировании головок для видеозаписи наиболее важная задача — нахождение решений для уменьшения этих потерь. Успехи, достигнутые в последние годы в технике магнитной записи, в том числе и магнитной видеозаписи, обязаны прежде всего мерам, принятым для уменьшения волновых потерь записи-воспроизведения.

Улучшение свойств магнитных лент и усовершенствование технологии изготовления магнитных головок позволило значительно уменьшить минимальную длину волны записи-воспроизведения. На лучших магнитных лентах с магнитными головками, имеющими ширину рабочего зазора 1—1,5 *мкм*, стало возможным записывать сигналы с минимальной длиной волны 2—3 *мкм*. В звукозаписи это позволило уменьшить скорость движения ленты до 4,75—2,4 *см/сек*. Для записи телевизионного сигнала, который содержит частоты, в 500 раз превышающие звуковые, необходима все же очень высокая скорость. Например, при наивысшей частоте записываемого сигнала 6 *Мгц* скорость движения ленты должна быть 12 *м/сек*.

В бытовых видеомагнитофонах, как указывалось выше, четкость воспроизводимого изображения ограничивается, что соответствует примерно полосе частот до 3,0 *Мгц*. Однако и в этом случае для записи требуется скорость движения ленты около 5 *м/сек*. Столь высокая скорость экономически невыгодна и эксплуатационно крайне неудобна, особенно для бытовой аппаратуры. Приемлемые для практики результаты получаются лишь при значительном ограничении полосы частот, например до 1 *Мгц*. Достигнутая в настоящее время разрешающая способность в магнитной записи не предельна. В будущем, по мере совершенствования техники магнитной видеозаписи, станет, вероятно, возможно значительно снизить скорость ленты и использовать в видеомагнитофонах обычную продольную запись.

Пока же в большинстве бытовых видеомагнитофонов используется наклонно-строчная запись с вращающимися головками. Суть этого способа состоит в том, что высокая относительная скорость создается одновременным движением и головок и лент. Магнитные

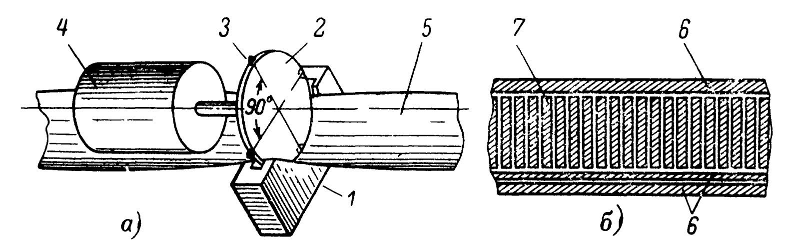


Рис. 1. Схематическое изображение устройства (*а*) для наклонно-строчной записи четырьмя вращающимися головками и расположение дорожек записи на ленте (*б*).

1 — направляющая; *2* — диск; *3* — головки; *4* — электродвигатель; *5* — лента; *6* — продольные дорожки; *7* — наклонные дорожки.

головки вращаются на ободе диска с линейной скоростью, необходимой для записи высшей частоты телевизионного спектра. В то же время скорость магнитной ленты, перемещающейся около диска с головками, не выше той, которая применяется в аппаратуре звукозаписи.

На рис. 1 схематически показано устройство для наклонно-строчной записи четырьмя вращающимися головками, применяемое в видеомагнитофонах для телевизионного вещания. Головки укреплены на периферии диска, так что центральные углы между ними равны 90°. Диск, в свою очередь, насажен на вал электродвигателя, вращающий его со скоростью 15 000 *об/мин*. Магнитная лента прижимается к головкам специальной направляющей, которая придает ей необходимую форму. В середине вогнутой поверхности направляющей имеется канавка, а с обеих ее сторон — узкие щели, из которых вакуумным насосом откачивается воздух. С помощью такого вакуумного присоса лента прочно удерживается на поверхности направляющей. Направляющая прижимается к диску с головками таким образом, что головки несколько вдавливают ленту в канавку на направляющей, чем обеспечивается надежный контакт между ними.

Дорожки записи располагаются на ленте под некоторым углом к ее краю. Ширина их равна длине рабочего зазора головки, а шаг

записи — расстояние между средними линиями смежных дорожек, определяется скоростью ленты и угловой скоростью вращения головок. Лента охватывает диск с головками по дуге, несколько большей, чем расстояние по ободу диска между рабочими щелями головок. Поэтому сигнал записывается с перекрытием, т. е. информация, содержащаяся на каждой дорожке записи, повторяется в начале последующей дорожки. При воспроизведении сигналы, воспроизводимые отдельными головками, коммутируются электронным переключателем, в результате чего восстанавливается первоначальный непрерывный сигнал [1]. Одновременно с сигналом изображения записываются звуковое сопровождение на дорожке, расположенной вдоль ее верхнего края, и вспомогательные сигналы на дорожках вдоль нижнего края ленты.

В бытовых видеомагнитофонах применяют более простые устройства с одной и двумя вращающимися головками, подробно рассмотренные в гл. 2.

Способ наклонно-строчной записи позволяет преодолеть затруднение, вызванное необходимостью записывать и воспроизводить высшие частоты телевизионного сигнала. Однако при этом возникают трудности с воспроизведением низших частот этого сигнала, длина волны которого для обычно принятых скоростей записи достигает 300 *мм*. Они обязаны особому виду волновых потерь, которые появляются при длинах волн записи, бóльших или сравнимых с размерами сердечника воспроизводящей головки. Этим потерям соответствует резкое уменьшение отдачи головки на очень длинных волнах и появление на частотной характеристике чередующихся максимумов и минимумов в области длин волн записи, сравнимых с размерами сердечника воспроизводящей головки. Нежелательные явления, вызванные волновыми потерями этого типа в видеомагнитофонах, устраняются переносом спектра телевизионных частот в области более высоких частот. Для этого применяют модуляционную запись, при которой сигнал перед записью преобразуется в частотно-модулированные колебания, а при воспроизведении первоначальный сигнал вновь восстанавливается.

Частотно-модулированные колебания записываются без подмагничивания. Нелинейные искажения, появляющиеся в воспроизводимом ЧМ-сигнале, не влияют на телевизионный сигнал, полученный после демодулятора. Вместе с тем запись без подмагничивания имеет преимущества при записи коротких длин волн, благодаря чему улучшается частотная характеристика в области высоких частот. Несмотря на то, что при модуляционной записи перемещение спектра в более высокую область частот вызывает необходимость увеличения скорости записи, общий расход ленты при этом практически не увеличивается. Это объясняется уменьшением при ЧМ-записи взаимного влияния между соседними дорожками записи, что дает возможность сближать их и тем самым более экономно использовать площадь магнитной ленты. В бытовых видеомагнитофонах ширина дорожек записи колеблется от 0,15 до 0,2 *мм*, а расстояние между ними — от 0,05 до 0,1 *мм*.

---

[1] Подробнее о видеомагнитофоне с четырьмя вращающимися головками см., например, в книге Лазарева В. И., Пархоменко В. И. «Магнитная запись телевизионных изображений», МРБ, вып. 462, Госэнергоиздат, 1963.

В видеомагнитофонах с вращающимися головками скорость записи и воспроизведения равна геометрической сумме линейной скорости диска с головками и скорости ленты. Так как соотношение между ними обычно не менее чем 100 : 1, то скорость записи и воспроизведения практически равна линейной скорости вращения диска с головкой. Стабильность ее, достаточная для неискаженного воспроизведения телевизионных изображений, может быть получена относительно простыми средствами.

Видеомагнитофоны с вращающимися головками, несмотря на некоторые свои недостатки, в настоящее время представляют собой единственную относительно простую и надежную аппаратуру для магнитной записи телевизионных сигналов. К недостаткам ее относится сложность выполнения лентопротяжного механизма, особенно механического узла диска с вращающимися головками. Для того чтобы запись на одном видеомагнитофоне могла воспроизводиться на другом, этот узел следует изготовлять с большой точностью. Возможность же обмена программами, особенно в связи с появлением метода контактного тиражирования сигналограмм, в ближайшее время станет очевидно обязательным требованием к бытовым видеомагнитофонам. Высокая скорость вращения и ограниченный в связи с этим срок службы головок — второй серьезный недостаток устройств с вращающимися головками.

2. Магнитные головки для видеозаписи

Основные характеристики видеомагнитофонов (частотная характеристика, шумы, надежность и др.) во многом зависят от электрических и механических свойств магнитных головок, изготовление которых представляет собой непростую задачу. Головка должна иметь высокую разрешающую способность для записи и воспроизведения коротких длин волн и износостойкость, позволяющую ей длительно работать при большой скорости движения относительно ленты.

В видеомагнитофонах применяют только универсальные магнитные головки. Ширину рабочего зазора этих головок выбирают такой, чтобы щелевые потоки при воспроизведении не превышали 2—3 *дб*. Это значит, что его ширина должна составлять от 0,3 до 0,4 минимальной длины волны записи. Если остановиться на минимальной длине волны 4 *мкм*, которую можно записать на лентах для видеозаписи среднего качества, то ширина рабочего зазора головки должна быть не более 1,6 *мкм*. Толщина магнитной прокладки, фиксирующей размеры зазора, должна быть еще меньше, так как приходится учитывать неизбежные дефекты при механической обработке, например, закругления углов граней сердечников, образующих рабочий зазор. Эти дефекты приводят к тому, что ширина зазора оказывается больше толщины прокладки. В качестве немагнитной прокладки в рабочем зазоре часто применяют напыленный в вакууме слой моноокиси кремния, которая особенно удобна для получения узких рабочих зазоров. В головках для видеозаписи невозможно произвольно увеличивать число витков в обмотке, индуктивность которой, как показано в гл. 4, выбирается исходя из условия согласования ее с входным устройством канала воспроизведения. Поэтому для повышения отдачи головки при воспроизведении остается единственный путь — увеличение эффективности ее сердечника, которая зависит от распределения магнитного потока, проникающего в него из ленты. Полезная часть потока в сердечнике сцепляется с витками

обмотки и наводит в ней э. д. с. Другая часть в виде потоков рассеяния и потока, замыкающегося через рабочий зазор, не участвует в создании э. д. с. Поэтому эффективность улучшается с увеличением магнитного сопротивления рабочего зазора и уменьшением сопротивления самого сердечника.

В головках для звукозаписи, сердечники которых изготовляют из высокопроницаемых магнитных сплавов, эффективность достигает 0,9 при глубине рабочего зазора 0,6—0,8 *мм*. В головках для видеозаписи из-за частотнозависимых потерь в сердечниках условия менее благоприятны. Этим потерям сопутствует увеличение магнитного сопротивления сердечника, вследствие чего ухудшается его эффективность. Для улучшения эффективности, наряду с мерами, направленными на снижение потерь в сердечнике, приходится прибегать к значительному уменьшению глубины рабочего зазора. При этом, естественно, сокращается срок службы. Глубина рабочего зазора в головках для видеозаписи обычно не превышает 0,1 *мм*, а в ферритовых головках, обладающих большой прочностью на износ, ее сокращают до 15 *мкм*.

Под влиянием переменных магнитных полей в сердечнике возникают вихревые токи, которые приводят к появлению магнитного потока, действующего в направлении, противоположном основному потоку. Основной поток как бы вытесняется из среднего сечения сердечника к его поверхности, что эквивалентно сокращению действующего сечения сердечника или уменьшению действующей магнитной проницаемости сердечника. Например, действующая магнитная проницаемость сердечника из пластин сплава 16ЮХ (часто используемого в головках для видеозаписи) толщиной 0,25 *мм* при изменении частоты от 1 до 10 *Мгц* уменьшается в 4 раза. Один из способов уменьшения поверхностного эффекта заключается в сборке сердечника из изолированных друг от друга пластин. При этом толщина каждой из них должна быть такой, чтобы в ней не возникало значительного поверхностного эффекта. Например, для частоты 6 *Мгц* толщина пластин из сплава 16ЮХ должна быть около 5 *мкм*.

Второй путь уменьшения поверхностного эффекта состоит в применении магнитных материалов с очень большим удельным электрическим сопротивлением, уменьшающим вихревые токи. Такими материалами являются ферриты, у которых удельное электрическое сопротивление в миллион раз больше удельного сопротивления магнитных сплавов. Феррит наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к материалам для изготовления сердечников головок для видеозаписи. Магнитная проницаемость их меньше зависит от частоты. Например, никель-цинковый феррит Ф-400 изменяет магнитную проницаемость в диапазоне частот от 1 до 10 *Мгц* всего лишь на 5%. Наряду с этим ферриты обладают большой твердостью, вследствие чего головки с ферритовым сердечником менее подвержены износу, чем головки с сердечниками из магнитных сплавов.

Ферриты представляют собой неметаллические материалы из окислов железа, цинка, марганца и других металлов. Изделия из феррита получают прессованием из массы измельченных исходных материалов, смешанных с пластификаторами. Полученные таким путем изделия подвергают обжигу при высокой температуре, в результате чего они приобретают высокую твердость, близкую к твердости корунда Однако изготовленные этим способом ферриты имеют большую пористость, затрудняющую изготовление сердечников головок с узкими рабочими зазорами. Поэтому обычные широкорас-

пространенные ферриты, применяемые в радиотехнике для сердечников и антенн, не пригодны для изготовления магнитных головок. Сердечники магнитных головок выполняют из горячепрессованного феррита, при изготовлении которого прессование сопровождается обжигом. Такие ферриты имеют очень небольшую пористость и очень хорошо поддаются шлифовке. Головки для видеозаписи из горячепрессованного феррита могут изготовляться с рабочими зазорами менее 1 *мкм.* Вследствие зернистой структуры феррита при износе сердечника наблюдается выкрашивание кромок рабочего зазора. Для предохранения рабочего зазора от разрушения прокладку в ферритовых головках выполняют обычно из стекловидной смеси. Во время сборки сердечника она расплавляется, образуя плотное соединение с ферритом, препятствующее разрушению кромок рабочего зазора.

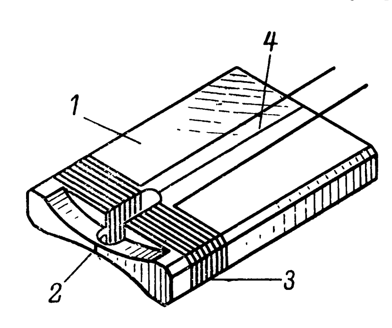


Рис. 2. Ферритовый сердечник головки для видеозаписи.

1 — сердечник; *2* — рабочий зазор; *3* — обмотка; *4* — дополнительный зазор.

На рис. 2 показан пример выполнения ферритового сердечника головки для видеозаписи. Он состоит из двух частей, скрепленных между собой стеклянной прокладкой в рабочем и дополнительном зазорах. Окно в сердечнике для намотки обмотки смещено к передней части. Таким образом, обмотка, которая обычно имеет небольшое число витков, помещается в непосредственной близости от рабочего зазора. Небольшая площадь окна, сечение которого уменьшено специальными выточками, позволяет увеличить сечение сердечника, кроме области рабочего зазора.

Изготовление ферритовых сердечников представляет собой сложный технологический процесс, доступный лишь предприятиям, оснащенным необходимым оборудованием. Поэтому далеко не все видеомагнитофоны, выпускаемые за рубежом для домашнего применения, снабжены ферритовыми головками.

В головках с сердечниками из магнитного сплава необходимые свойства можно было бы получить, если изготовить сердечник из очень тонких пластин. Однако большое число клеевых прослоек между пластинами сердечников ухудшает износостойкость головок. Кроме того, тонкие пластины трудно штамповать, склеивать и шлифовать. Поэтому такие головки в видеомагнитофонах не применяются. В видеомагнитофонах различного назначения, в том числе и для домашнего применения, широко применяют составные головки, полюсные наконечники которых изготовляют из магнитных сплавов, например 16ЮХ, а основной магнитопровод — из феррита. Такой сердечник обладает износостойкостью, определяемой свойствами магнитного сплава, а потери в нем значительно уменьшены благодаря применению в качестве основного магнитопровода феррита обычно с проницаемостью 600—800.

На рис. 3 показаны возможные способы выполнения составных сердечников: в сердечнике, выполненном по первому способу (левый рисунок), полюсные наконечники наклеены на феррит, образуя

рабочую поверхность; при втором способе (средний рисунок) полюсные наконечники представляют собой тонкие полоски магнитного сплава, прилегающие к торцевым поверхностям ферритового сердечника; при третьем способе (правый рисунок) ферритовый сердечник

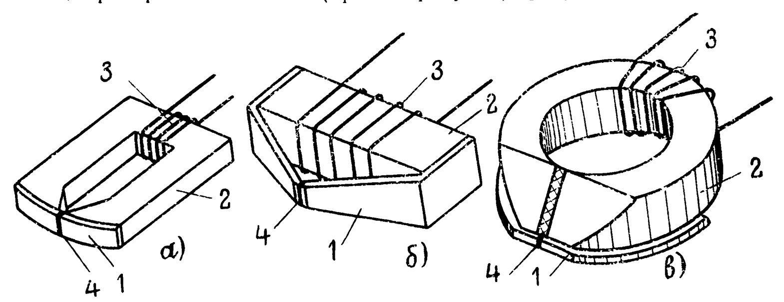


Рис. 3. Магнитные головки с составными сердечниками для видеозаписи.

1 — полюсные наконечники; *2* — ферритовый сердечник; *3* — обмотка; *4* — рабочий зазор.

прилегает к боковой поверхности полюсных наконечников, изготовленных из листового материала, толщина которого равна ширине записываемой магнитной дорожки. Последний способ имеет ряд технологических преимуществ и в различных конструктивных модификациях используется во многих видеомагнитофонах.

На рис. 4 приведена типичная предельная, т. е. записанная с оптимальным током для каждой частоты, частотная характеристика записи-воспроизведения, снятая головкой с металлическими полюсными наконечниками, имеющими следующие параметры: число витков — 30; индуктивность — 24 *мкгн*; отдача на частоте 1 *Мгц* — 1 000 *мк* (*эфф*); рабочий зазор — 2,5 *мкм*.

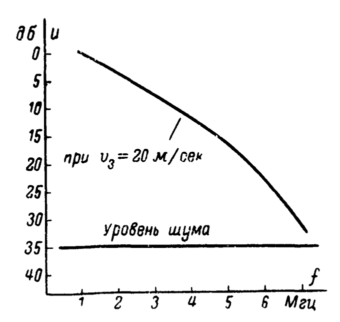


Рис. 4. Предельная частотная характеристика записи-воспроизведения для головки с металлическими полюсными наконечниками.

3. Магнитная лента для видеозаписи

На магнитной ленте в видеомагнитофоне одновременно записываются сигналы изображения и звукового сопровождения, поэтому рабочие свойства ленты должны отвечать условиям для записи обоих сигналов. В число этих свойств входят чувствительность, частотная характеристика, шумы, измеренные для каждого из сигналов. Кроме того, для звукового сигнала приводится величина нелинейных искажений, а для сигналов изображения — два дополнительных параметра: выпадение сигнала и поверхностное электрическое сопротивление ленты. Полное выпадение воспро-

изводимого ЧМ-сигнала или уменьшение его на 20 *дб* и более приводит к появлению на воспроизводимом изображении помех; они появляются в виде белых хаотически мелькающих на экране точек, снижающих качество воспроизводимого изображения и крайне неприятных для зрителей. Выпадение сигналов возникает вследствие дефектов магнитной ленты, в результате которых либо нарушается контакт между магнитным слоем ленты и головкой, либо вообще отсутствует запись из-за повреждения рабочего слоя.

Дефекты могут появляться как в процессе изготовления ленты, так и во время ее эксплуатации. К первым, например, относятся немагнитные включения в рабочем слое или приставшие к его поверхности пылинки. По мере износа ленты ее поверхность загрязняется частицами рабочего слоя и пыли, а при длительной эксплуатации могут появиться места с выкрошенным рабочим слоем. Дефекты могут возникать также из-за неаккуратного обращения с магнитной лентой: грязь, приставшая к узлам лентопротяжного механизма, с которыми соприкасается лента, царапает рабочий слой ленты. Из-за плохо отрегулированного механизма лента может заминаться, в результате чего на ней появляются складки.

Электризация ленты возникает вследствие высокого трения, которое она испытывает в лентопротяжных механизмах видеомагнитофонов. Как показывает опыт, заряд, накапливающийся на ленте, может достигать очень высокого потенциала. При стекании этого заряда образуется мощный разряд, который создает электрическую помеху в канале записи-воспроизведения видеомагнитофона, а следовательно, сказывается и на воспроизводимом изображении. Для уменьшения этого явления в рабочий слой ленты вводят добавки. например сажу, которые уменьшают поверхностное сопротивление ленты и тем самым препятствуют накоплению на ней электростатических зарядов.

Для того чтобы лента плотно прилегала к рабочей поверхности головки, она должна быть тонкой и эластичной. Вместе с тем из-за больших механических нагрузок, испытываемых ею в лентопротяжном механизме, основа ленты должна иметь достаточно большую прочность на разрыв. Этим условиям отвечает лента, изготовленная на полиэфирной (лавсановой) основе. Значительные механические нагрузки испытывает на себе также рабочий слой ленты из-за высокой относительной скорости между головкой и лентой и большого контактного давления между ними.

В видеомагнитофонах с одной и двумя вращающимися головками обычно предусматривается возможность непрерывного воспроизведения какого-либо одного телевизионного кадра. Это накладывает дополнительные требования на механическую прочность рабочего слоя, который не должен разрушаться после многих сотен проходов головки по одному и тому же месту. В среднем у современных магнитных лент для видеозаписи в видеомагнитофонах с одной и двумя вращающимися головками без заметного ухудшения качества изображения допускается до 1000 прогонов

Зарубежные магнитные ленты для видеозаписи изготовляют из магнитного порошка с частицами игольчатой формы, которые большей частью ориентированы в рабочем слое ленты в направлении записи. Магнитные ленты для видеомагнитофонов с одной и двумя вращающимися головками ориентированы в продольном направлении, так как оно практически совпадает с направлением записи Толщина этих лент колеблется от 20 до 35 *мкм*, а ширина — 12,7; 25,4;

50,8 *мм*. В последнее время предпочтительной шириной ленты для бытовых видеомагнитофонов считается размер 12,7 *мм*, который, вероятно, станет стандартным для этого типа видеомагнитофонов

В Советском Союзе для магнитной видеозаписи разработана лента, применяемая для записи телевизионных программ на профессиональных видеомагнитофонах. Эта лента не ориентирована и может использоваться для записи на видеомагнитофонах с одной и двумя вращающимися головками

ГЛАВА ВТОРАЯ

УСТРОЙСТВО БЫТОВЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

4. Видеомагнитофон с одной вращающейся головкой

На рис. 5 показан внешний вид бытового видеомагнитофона «EL-3400» фирмы Philips. Обращает внимание оформление аппарата, стиль которого соответствует оформлению обычных приемников и телевизоров. Видеомагнитофон записывает стандартный телевизионный сигнал на ленте шириной 25,4 *мм* в полосе частот 2,5 *Мгц* и имеет отношение сигнал/шум в видеоканале около 40 *дб*. Время записи 45 *мин*. Одновременно на ленту записывается звуковое сопровождение в полосе частот от 120 до 12 000 *гц* при отношении сигнал/шум не менее 40 *дб*. Видеомагнитофон питается от сети переменного тока, потребляет мощность не более 400 *вт* и имеет 21 лампу, 36 транзисторов и 29 диодов. Его габариты не превышают 630 × 420 × 390 *мм*, а вес — 45 *кг*. Обычно вместе с видеомагнитофоном продаются малогабаритная телевизионная камера и переносное видеоконтрольное устройство. Этот комплект аппаратуры, дополненный обычным телевизором, позволяет записывать и демонстрировать различные программы в домашних условиях.

Видеомагнитофон EL-3400 записывает телевизионное изображение с помощью одной вращающейся магнитной головки. Звук и управляющий сигнал записываются стационарными магнитными головками так же, как в обычном магнитофоне. Укрупненная функциональная схема видеомагнитофона, приведенная на рис. 6, состоит из лентопротяжного механизма, канала записи или воспроизведения телевизионного изображения, звукового канала для записи или воспроизведения звукового сопровождения, системы автоматического регулирования для синхронизации скорости вращения диска с головками и движения ленты, индикаторных и коммутационных устройств и блока питания.

При записи одной вращающейся головкой магнитная лента двигается с небольшой скоростью и охватывает по винтовой линии под углом примерно 360° барабан с кольцевой прорезью Внутри направляющей вращается с большой скоростью диск с головкой, слегка выступающей над поверхностью направляющей и касающейся магнитной ленты (см. гл. 3, рис. 15). За каждый оборот диска записывается один полукадр телевизионного изображения, т. е. для советского телевизионного стандарта диск должен совершать 3 000 *об/мин*

При записи с одной вращающейся головкой появляется необходимость ее перехода с одного края ленты на другой и возвращения назад Если возврат сделать плавным, то взаимное перемещение головки и ленты будет сложным, а плотность записи низкой Обычно применяют быстрый возврат путем простого перехода головки с одного края ленты на другой по воздуху. В этом случае неизбежно

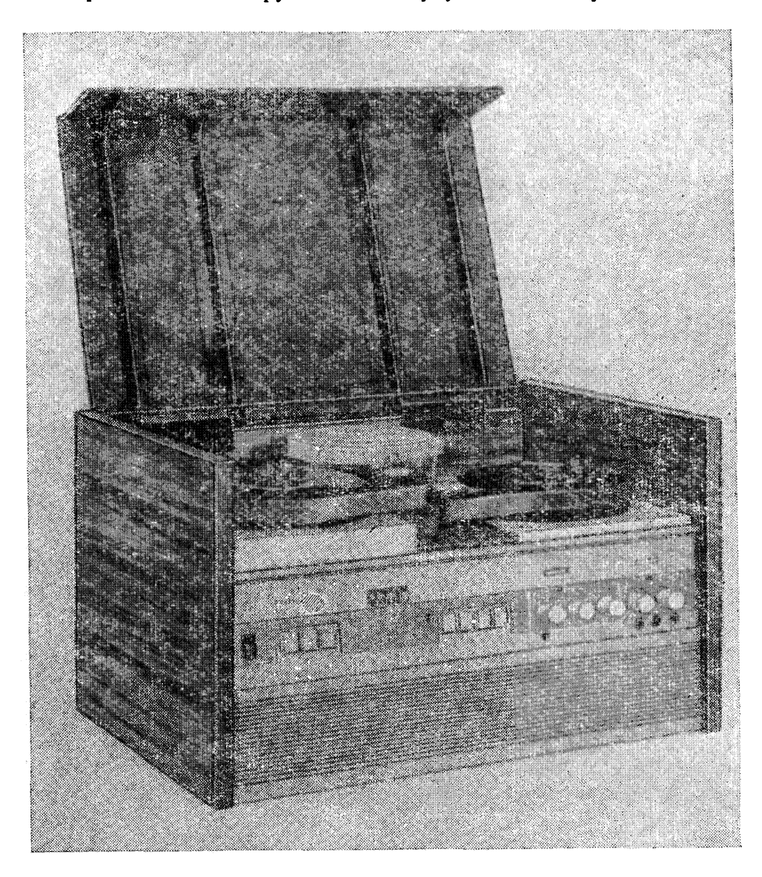


Рис. 5. Бытовой видеомагнитофон EL-3400 фирмы Philips.

возникает разрыв в записываемой информации, но он не опасен ввиду того, что может быть совмещен во времени с кадровым гасящим импульсом.

Видеосигнал записывается на магнитных дорожках, расположенных в средней части ленты (рис. 7, *а*), а сигнал звукового сопровождения и управляющий сигнал для системы *САР* — на дорожках по краям ленты. Выбор геометрических размеров сигналограммы в основном определяется тремя факторами: частотным диапазоном

видеомагнитофона, отношением сигнал/шум по видеоканалу, технологическими возможностями обработки цилиндрической направляющей и диска с головкой.

Ниже в качестве примера приведен расчет основных параметров видеомагнитофона, в котором учитываются только первые два фак-

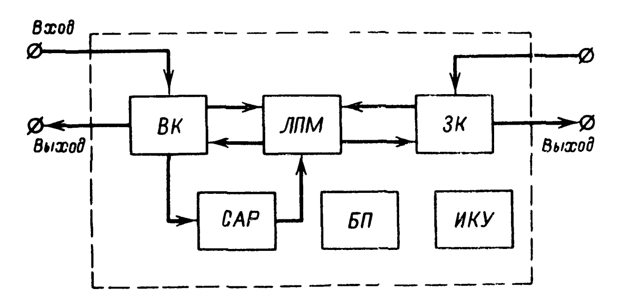


Рис. 6. Функциональная схема видеомагнитофона.
ВК — видеоканал; *САР* — система автоматического регулирования; *ЛПМ* — лентопротяжный механизм; *ЗК* — звуковой канал; *БП* — блок питания; *ИКУ* — индикаторные и коммутационные устройства.

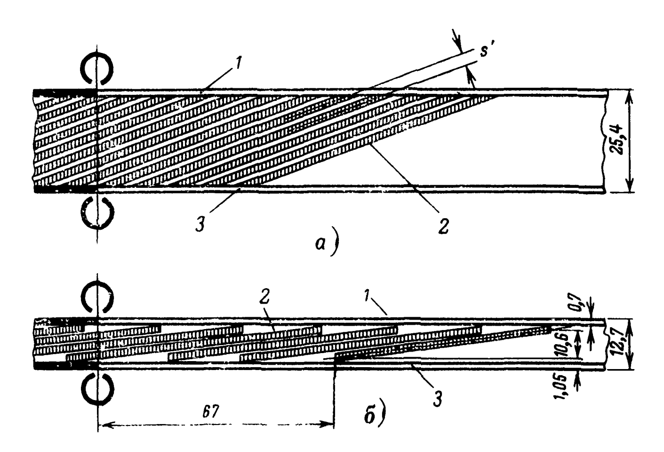


Рис. 7. Расположение дорожек записи на ленте для видеомагнитофонов с одной (*а*) и двумя (*б*) вращающимися головками.
1 — дорожка с записью звука; *2* — дорожки с записью видеосигнала; *3* — дорожка с записью управляющего сигнала; *s'* — шаг записи.

тора; третий должен определяться из конкретных производственных условий при изготовлении блока вращающейся головки.

Практически установлено, что в домашних условиях четкость в 300 строк при отношении сигнал/шум 40 *дб* вполне достаточна для

телезрителя. Это дает возможность ограничить требования к видеоканалу бытового видеомагнитофона полосой частот $F_в = 3$ *Мгц*. Так как при видеозаписи на ленту записывается ЧМ-сигнал, то высшая частота, фактически записываемая на ленту, должна быть практически выше, т. е. $f_в = 5{,}5$ *Мгц*. Можно считать, что в настоящее время минимальная длина волны, записываемая в бытовых видеомагнитофонах, равна:

$$\lambda_{мин} = 3{,}5 \div 4 \ мкм,$$

тогда необходимая скорость записи должна быть

$$v_з = f_в \lambda_в = 5{,}5 \cdot 10^6 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-6} = 20 \ м/сек.$$

Найдем основные геометрические размеры сигналограммы по этим требованиям (рис. 7, *а*). Длина дорожки записи, на которой записано одно полное поле изображения с периодом T (один полукадр), равна:

$$l = v_з T = 20 \cdot \frac{1}{50} = 0{,}4 \ м.$$

Выбираем стандартную ширину ленты $b = 25{,}4$ *мм* (1 дюйм). Этот размер ленты считается удобным для видеомагнитофонов с одной вращающейся головкой. Дорожка звукового сопровождения обычно располагается по нижнему краю ленты ($h_з = 0{,}7$ *мм*), а дорожка для записи контрольного сигнала — по верхнему ($h_у = 0{,}7$ *мм*). Таким образом, ширина ленты b', занимаемая наклонными дорожками, должна быть несколько уже, чем общая ширина ленты:

$$b' = b - (h_з + h_у + 2\delta') = 25{,}4 - (0{,}7 + 0{,}7 + 2 \cdot 0{,}1) = 23{,}8 \ мм,$$

где δ' — расстояние между продольными дорожками и наклонными дорожками с записью видеосигнала.

Найдем угол наклона φ дорожки записи

$$\sin \varphi = \frac{b'}{l} = \frac{23{,}8}{400} = 0{,}059; \ \varphi = 3°25'.$$

Если скорость ленты выбрать равной одной из стандартных скоростей для звуковых магнитофонов $v_л = 19$ *см/сек*, то за время одного полукадра лента переместится на расстояние s:

$$s = v_л T = 19 \cdot \frac{1}{50} = 3{,}8 \ мм.$$

Таким образом, расстояние между осями дорожек по перпендикуляру (шаг записи) к ним будем равно:

$$s' = s \sin \varphi = 3{,}8 \cdot 0{,}059 = 0{,}227 \ мм.$$

Рекомендуется ширину дорожки выбирать от 0,15 до 0,2 *мм* (чем шире дорожка, тем легче получить взаимозаменяемость записей и выше отношение сигнал/шум, но больше расход ленты на один час записи). При ширине дорожки $m = 0{,}18$ *мм* расстояние между краями дорожек будет равно:

$$\delta'' = \delta' - m = 0{,}227 - 0{,}18 = 0{,}047 \ мм.$$

Для получения подобного зазора требуется весьма тщательно изготовить лентопротяжный механизм. Необходимо свести к мини-

муму вертикальные перемещения ленты по цилиндрической поверхности барабана и торцевые биения диска с головкой. Диаметр барабана можно вычислить по приближенной формуле:

$$D = \frac{v_з T}{\pi} \sqrt{1 + \frac{v_л^2}{v_з} - 2\frac{v_л}{v_з}} =$$

$$= \frac{20\cdot 10^3\cdot 0{,}02}{3{,}14} \sqrt{1 + \left(\frac{190}{20\cdot 10^3}\right)^2 - 2\frac{190}{20\cdot 10^3}} = 126 \text{ мм}.$$

В зарубежной практике изготовляют барабаны диаметром от 70 до 250 *мм*. Например, в видеомагнитофоне «EL-3400» барабан имеет диаметр 160 *мм*, а скорость записи 23 *м/сек.*

Разрыв информации $\tau_в$ при записи одной головкой не должен превышать $^1/_3$ от длительности гасящего кадрового импульса. Длина дуги ν, соответствующая разрыву при $\tau_в = 500$ *мксек* в нашем примере составляет:

$$\nu = \frac{\pi D \tau_b}{T} = \frac{3{,}14\cdot 126\cdot 500\cdot 10}{20\cdot 10^{-3}} \approx 10 \text{ мм}.$$

Рассмотрим работу электронных блоков видеомагнитофона с одной вращающейся головкой, структурная схема которого приведена на рис. 8. Записываемый телевизионный сигнал поступает в модулятор *1*, в котором он подвергается частотным предыскажениям и модулирует несущую частоту. Полученный в модуляторе ЧМ-сигнал усиливается усилителем записи *2* и через токосъемник *9* подается в головку видеозаписи *МГ2*. Одновременно телевизионный сигнал поступает в опорный селектор *8*, где из него выделяются кадровые синхроимпульсы, которые усиливаются усилителем записи контрольного канала *10* и записываются на ленту. Сигнал звукового сопровождения поступает при записи на универсальный усилитель *15*, далее в магнитную головку *МГ3*. Одновременно в эту головку подается высокочастотное подмагничивание от генератора *14*. Стирание записи происходит головкой *МГ1*, которая питается от того же генератора. При воспроизведении ЧМ-сигнал от головки *МГ2* усиливается и корректируется усилителем воспроизведения *3*. Затем он попадает в ограничитель *4*, ограничивается и далее поступает в демодулятор *5*. После демодуляции сигнал подвергается коррекции и очистке от помех и остатков несущей частоты в системе обработки *6*. С выхода этой системы видеосигнал поступает на телевизор или видеоконтрольное устройство. Сигнал звукового сопровождения воспроизводится головкой *МГ3*, усиливается и корректируется усилителем *15* и подается в громкоговоритель телевизора или на любое другое громкоговорящее устройство. Во всех режимах работы видеомагнитофона электродвигатель лентопротяжного механизма питается от электросети и имеет постоянное число оборотов. Скорость вращения диска с головкой *МГ2* и ее положение по отношению к ленте как при записи, так и при воспроизведении должны быть строго определенными. Для этого служит система автоматического регулирования скорости вращения диска, в которую входят также датчик оборотов диска *12*, электромагнитный тормоз *13* и канал сигнала

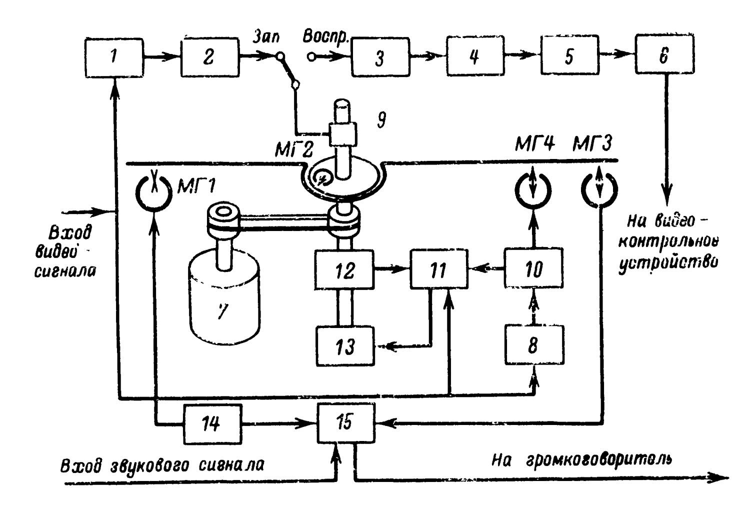


Рис. 8. Структурная схема видеомагнитофона с одной вращающейся головкой.

1 — частотный модулятор; *2* — усилитель записи; *3* — усилитель воспроизведения; *4* — ограничитель; *5* — демодулятор; *6* — система обработки; *7* — электродвигатель; *8* — селектор кадровых импульсов; *9* — токосъемник; *10* — усилитель записи-воспроизведения управляющего сигнала; *11* — система автоматического регулирования; *12* — датчик оборотов диска; *13* — электромагнитный тормоз; *14* — генератор подмагничивания; *15* — усилитель записи-воспроизведения звука; *МГ1* — стирающая головка; *МГ2* — головка видеозаписи; *МГ3* и *МГ4* — универсальные головки для записи-воспроизведения звука и управляющего сигнала.

управления *10* с универсальной магнитной головкой *МГ4*. Работа системы автоматического регулирования подробно описана в следующей главе. Остальные электронные блоки (система контроля и индикации, блоки питания и др.) выполняют вспомогательные функции.

5. Видеомагнитофон с двумя вращающимися головками

Рассмотренная выше запись с одной вращающейся головкой обладает рядом недостатков: в воспроизводимом сигнале имеется длительный разрыв информации; магнитная лента при обхвате барабана на 360° испытывает большое трение, ее натяжение различно в разных точках барабана, что приводит к разному прилеганию ленты к вращающейся головке; сложная конфигурация тракта движения ленты затрудняет регулировку лентопротяжного механизма.

По этим причинам появился ряд конструкций видеомагнитофонов, в которых эти недостатки частично или полностью устранены. Для уменьшения трения предусматривают применение воздушной подушки между лентой и барабаном, используют специальные покрытия для барабана, делают его конической формы и т. п.

Наиболее радикальное устранение недостатков дает переход на способ записи с двумя вращающимися головками. При этом за один оборот диска записываются два полукадра, причем первый полукадр

записывается одной головкой на одной дорожке, а второй полукадр — другой головкой на соседней дорожке (рис. 7, *б*).

Структурная схема видеоканала для видеомагнитофонов с двумя вращающимися головками изображена на рис. 9. В самых простых бытовых видеомагнитофонах (рис. 9, *а*) обе головки включаются на один и тот же выход усилителя записи и на один и тот же вход усилителя воспроизведения. Переключаются каналы токосъемником, состоящим из двух полуколец. Достоинство такой схемы — простота. Однако при переходе с полукольца на полукольцо происходит разрыв в информации. Поэтому иногда применяют токосъемники со сплошными кольцами и обе головки включают параллельно. В этом случае уровень шума усилителя воспроизведения и уровень наводок заметно увеличиваются, что ухудшает отношение сигнал/шум видеомагнитофона. Кроме того, общие усилители записи и воспроизведения не позволяют индивидуально корректировать сквозные характеристики головок, которые имеют разбросы.

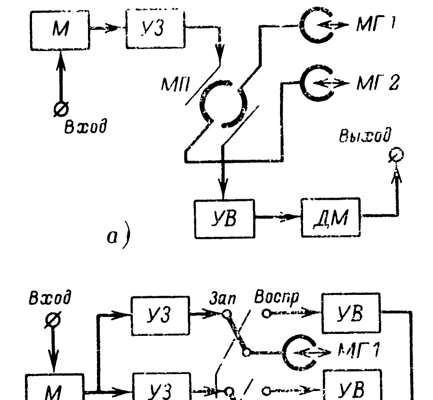


Рис. 9. Структурная схема видеоканала видеомагнитофона с двумя вращающимися головками.

М — частотный модулятор; *УЗ* — усилитель записи; *УВ* — усилитель воспроизведения; *ДМ* — демодулятор; *МП* — механический переключатель; *ЭП* — электронный переключатель; *МГ* — головки для видеозаписи.

На рис. 9, *б* показана структурная схема более совершенного видеоканала. В ней каждая головка имеет индивидуальные усилители записи и воспроизведения, а переключаются каналы электронным переключателем, работающим от импульсов датчика оборотов. При этом обхват барабана делают немного больше 180°, что обеспечивает некоторое перекрытие воспроизводимых сигналов и полное исключение разрыва в информации. Однако при переключении возникают импульсные помехи и электронный переключатель значительно усложняет схему видеомагнитофона. Поэтому иногда применяют обычное смешение сигналов от двух головок. На участке перекрытия сигнал от каждой головки уменьшают с тем, чтобы суммарная амплитуда сигнала только незначительно превышала нормальный сигнал от одной головки. Остальные электронные блоки в видеомагнитофоне с двумя вращающимися головками мало отличаются от блоков видеомагнитофона с одной вращающейся головкой.

Отметим ряд достоинств видеомагнитофонов с двумя вращающимися головками, благодаря которым они получают наибольшее распространение для бытовой видеозаписи и наиболее разнообразны

по ассортименту выпускаемых моделей. Во-первых, более простая форма лентопротяжного тракта создает меньше потерь из-за трения ленты о барабан, что облегчает регулировку механизма, облегчает взаимозаменяемость и уменьшает износ ленты. Вдвое меньший обхват барабана позволяет вдвое меньше наклонять его ось относительно поверхности лентопротяжного механизма или на меньшую высоту приподнимать одну катушку относительно другой. Во-вторых, относительно простая форма тракта позволяет использовать узкие магнитные ленты. Для видеомагнитофонов с двумя вращающимися головками чаще всего применяют ленту шириной 12,7 *мм* В третьих, хотя два соседних полукадра записываются разными головками, но

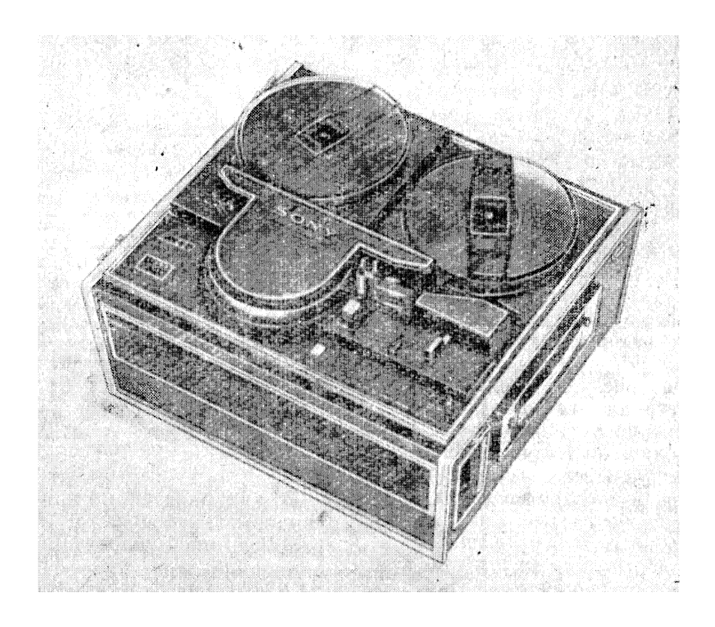


Рис. 10. Видеомагнитофон с двумя вращающимися голов ками „CV-2100 CE“ фирмы Sony.

каждая головка записывает и воспроизводит каждый полукадр целиком и полностью. Благодаря некоторому перекрытию в воспроизводимой информации нет необходимости в точной установке головок под углом 180°. Однако, для воспроизведения записей, сделанных на других видеомагнитофонах, довольно точная установка головок необходима. Хотя при одинаковых размерах диска с головками скорость головка/лента получается вдвое меньше, она остается достаточно высокой. Действительно, при диске диаметром $D = 252$ *мм* скорость равна $v_з = 20$ *м/сек*, что достаточно для записи частоты $f_в = 5{,}5$ *Мгц*

В последнее время появились новые типы лент, которые при скорости $v_з = 11$ *м/сек* и даже 7 *м/сек* дают возможность записывать полосу частот по видеоканалу до 2 *Мгц*. В этом случае используют

диски диаметром 105—150 *мм*, что позволяет сконструировать компактные механизмы с кассетной заправкой магнитной ленты.

Хорошей иллюстрацией достоинств видеомагнитофонов с двумя вращающимися головками служит серийная японская модель «CV-2100 CE» фирмы Sony (рис. 10). На ленте шириной 12,7 *мм* и длиной 720 *м* типа V-32 видеомагнитофон записывает черно-белое телевизионное изображение четкостью 270 строк при отношении сигнал/шум >40 *дб* в течение 30 *мин*. Одновременно на дорожку шириной 0,7 *мм* записывается звуковое сопровождение в полосе частот от 50 *гц* до 7 *кгц* при отношении сигнал/шум > 40 *дб*. Габариты видеомагнитофона 460 × 280 × 400 *мм*, масса — 25 *кгц*. Компактные раз-

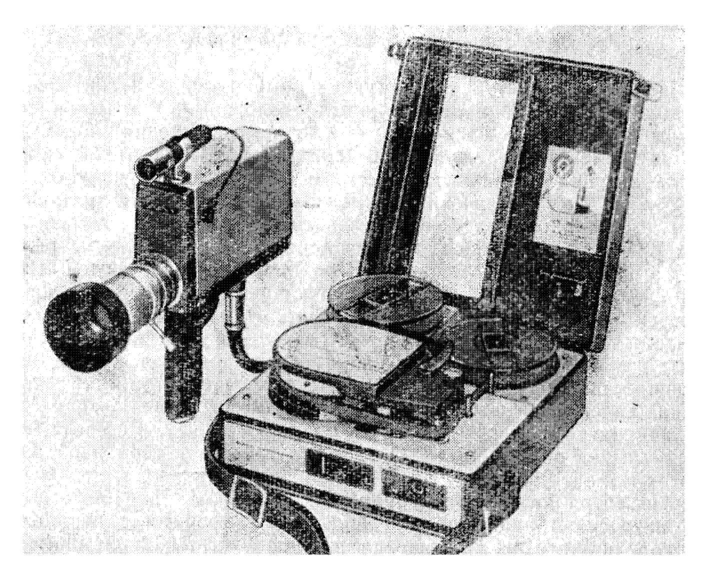


Рис. 11. Комплект переносной аппаратуры для видеозаписи типа DVK-1400/VCK-2400 фирмы Sony.

меры катушек с лентой (∅ 180 *мм*), простое управление, полная взаимозаменяемость записей, удобство заправки ленты — все эти достоинства выгодно отличают данную модель. В ней установлены относительно простой лентопротяжный механизм с одним электродвигателем и компактные электронные блоки, в которых всего около 50 транзисторов и 22 диода. Видеомагнитофон имеет ускоренные перемотки ленты вперед и назад и режим «остановленного изображения» Ферритовые магнитные головки с рабочим зазором около 1 *мкм* имеют срок службы более 500 *ч* и при скорости головка/лента 11 *м/сек* позволяют записывать на ленту сигнал с частотой до 5—6 *Мгц*.

Интересным развитием рассмотренной модели был выпуск специальной переносной аппаратуры для видеозаписи фирмы Sony, предназначенной только для записи, снимок которой помещен на рис. 11. Этот видеомагнитофон, питающийся от аккумуляторов, за-

писывает телевизионное изображение одной вращающейся головкой. Записанное изображение воспроизводится на видеомагнитофоне «CV-2100 CE» двумя вращающимися головками. Форма трактов движения ленты в видеомагнитофонах рассчитана так, что каждая дорожка записи воспроизводится поочередно двумя головками. Это вдвое повышает субъективно определяемую вертикальную четкость изображения. Габариты записывающего видеомагнитофона 305×125×313 *мм,* масса — 5,7 *кг.* Комплект снабжен портативной передающей камерой «VCK-2400 CE» с электронным визиром, питаемой от аккумуляторной батареи, позволяющей вести непрерывную запись в течение 40 *мин.*

6. Видеомагнитофон без вращающихся головок

Наиболее простую конструкцию имеют видеомагнитофоны с продольной записью и неподвижными головками. В этих видеомагнитофонах скорость записи равна скорости движения ленты, которая выбирается в пределах 300—400 *см/сек.* При такой скорости ленты катушка на 500 *м* диаметром 203 *мм* будет израсходована за 2 *мин.* Для увеличения времени записи на ленте располагают от 4 до 6 продольных дорожек записи и применяют катушки больших размеров. В конце каждой дорожки движение ленты реверсируется, а головки многодорожечного блока переключаются. Иногда применяют одну головку, перемещающуюся на ширину дорожки поперек ленты. Недостаточная скорость ограничивает полосу записываемых по видеоканалу частот (меньше 2 *Мгц* в лучших моделях), а малая записываемая длина волны приводит к уменьшению надежности. Большой расход ленты повышает стоимость эксплуатации видеомагнитофонов. Громоздкие, быстро вращающиеся катушки сильно деформируют и изнашивают ленту. Реверс механизма занимает обычно 0,05—0,1 *сек,* что вызывает сбой изображения в этот момент времени.

Несмотря на все эти трудности, некоторые зарубежные фирмы интенсивно работают над видеомагнитофонами с неподвижными головками. Для уменьшения высшей частоты, записываемой на ленту, применяют прямую запись телевизионного сигнала без предварительной частотной модуляции. В этих видеомагнитофонах видеосигнал перед записью (рис. 12) предварительно корректируется в корректоре *К* и поступает в усилитель записи *УЗ,* нагруженный на головку *МГ.* Одновременно в головку подается высокочастотное подмагничивание от генератора высокой частоты. При воспроизведении сигнал усиливается предварительным усилителем *УВ* и поступает в параллельные корректоры высоких *КВЧ* и низких частот *КНЧ.* Скорректированные сигналы смешиваются в смесителе *См* и привязываются по пиковому значению схемной фиксации *СФ.* После этого воспроизведенный телевизионный сигнал через оконечный усилитель *ОУ* поступает на выход видеомагнитофона.

Прямой способ записи имеет крупный, трудноустранимый недостаток. При этом методе паразитная амплитудная модуляция, вызываемая переменным контактом ленты с головкой, приводит к появлению на воспроизводимом изображении продольных полос различной ширины и яркости. Путем субъективной оценки было установлено, что наиболее заметна низкочастотная паразитная модуляция в полосе до 10 *кгц.* Ее допустимая величина 2—4%, что

можно достигнуть только при ленте с очень хорошей поверхностью. Для снижения этого явления применяют различного рода фиксаторы среднего уровня, мгновенную автоматическую регулировку усиления, шумоподавление и другие специальные устройства

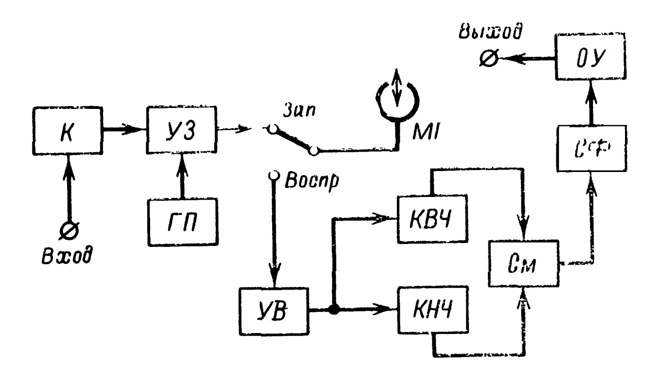


Рис. 12. Структурная схема видеоканала видеомагнитофона с прямой записью сигналов изображения.

К — корректор; *УЗ* — усилитель записи; *ГП* — генератор подмагничивания; *УВ* — усилитель воспроизведения; *КНЧ* — корректор низких частот; *КВЧ* — корректор высоких частот; *См* — смеситель; *СФ* — схема фиксации; *ОУ* — оконечный усилитель.

Следует отметить, что при записи звукового сопровождения в подобных видеомагнитофонах из-за большой скорости движения ленты длина волны получается очень большой, что приводит к невозможности воспроизведения низкочастотной части звукового спектра, поэтому необходимо применение модуляционных методов записи, например ЧМ-записи.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

7. Конструкция механизмов

В бытовых видеомагнитофонах лентопротяжные механизмы выполняют фактически те же функции, что и в обычных магнитофонах: протягивают магнитную ленту около магнитных головок в процессе записи или воспроизведения с постоянной линейной скоростью (рабочий ход) и ускоренно перематывают ленту в обоих направлениях.

На рис. 13 приведена упрощенная кинематическая схема одного из возможных вариантов лентопротяжного механизма видеомагнитофона с двумя вращающимися головками. Здесь лентопротяжный механизм собран по обычной «трехмоторной» схеме, а для вращения головок применен отдельный электродвигатель. По ходу

движения ленты с левой стороны расположен подающий узел, а с правой стороны — приемный узел. Каждый такой узел состоит из электродвигателя, на оси которого закреплены подкатушник и тормозное устройство. В этих узлах работают конденсаторные асинхронные электродвигатели, имеющие мягкую механическую характеристику. Электродвигатель приемного узла имеет левое вращение, а электродвигатель подающего узла — правое вращение Конструктивно подающий и приемный узлы представляют собой зеркальное отображение друг друга. Тормозное устройство должно обеспечивать плавную остановку ленты в течение установленного времени без ослабления ее намотки и деформации. В подающих

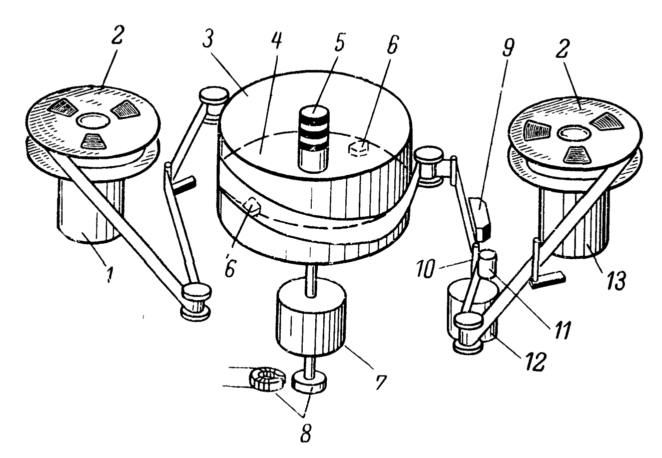


Рис. 13. Упрощенная кинематическая схема лентопротяжного механизма видеомагнитофона с двумя вращающимися головками.

1 — электродвигатель подающего узла; *2* — катушка с лентой *3* — направляющий барабан; *4* — диск с магнитными головками *5*; *6* — ротор токосъемника; *7* — электродвигатель блока вращающихся головок; *8* — датчик оборотов; *9* — блок головок для записи звука и управляющих сигналов; *10* — ведущий вал; *11* — прижимной ролик; *12* — ведущий электродвигатель; *13* — электродвигатель приемного узла.

и приемных узлах часто используют дифференциальные ленточные тормоза, управляемые электромагнитами. В режиме ускоренной перемотки электродвигатель узла, наматывающего ленту, получает повышенное по сравнению с рабочим ходом напряжение питания, и его момент возрастает. Электродвигатель узла, с которого лента сматывается, вращается в обратную сторону и создает тормозящий момент, поддерживающий натяжение ленты примерно таким же, как и при рабочем ходе.

Во время рабочего хода лента перемещается с номинальной скоростью ведущим валом, к которому лента прижимается прижимным обрезиненным роликом. Так как в бытовых видеомагнитофонах скорость движения ленты в режиме рабочего хода достаточно мала, то для вращения ведущего вала применяют ременную передачу,

а соответствующий выбор диаметра шкивов позволяет снизить в несколько раз скорость вращения ведущего вала по сравнению со скоростью вращения двигателя Стабильность средней скорости движения ленты определяется не только стабильностью частоты сети, питающей электродвигатель, но и постоянством величины проскальзывания в ременной передаче и проскальзыванием ленты между ведущим валом и прижимным роликом. Для повышения стабильности скорости поверхность ведущего вала путем специальной обработки делают шероховатой, что увеличивает ее сцепление с лентой Для передачи вращения от электродвигателя к ведущему валу применяют бесшовные ремни из эластичных материалов, обладающих хорошим сцеплением с вращающимися шкивами.

Поддержание стабильной средней и мгновенной скорости движения ленты в механизме — достаточно сложная задача. Вследствие ряда причин, зависящих от конструктивных особенностей механизма и в значительной мере от точности изготовления его механических узлов, скорость ленты может изменяться в небольших пределах. Различают две составляющие изменений скоростей: медленные и быстрые. Медленные изменения (скольжение) оцениваются как нестабильность средней скорости, а быстрые (колебания скорости) — как нестабильность мгновенной скорости.

Основная причина скольжения заключается в проскальзывании ленты между прижимным роликом и ведущим валом В свою очередь проскальзывание — это следствие изменения натяжения ленты во время работы. В начальный период работы, когда подающая катушка полная, а приемная пустая, последняя создает максимум натяжения ленты (по ходу ее движения) на участке от ведущего вала до приемной катушки, в то время как подающая — на другом участке за ведущим валом создает натяжение, намного меньшее Различие в натяжении ленты происходит вследствие того, что вращающие моменты обоих двигателей примерно одинаковы, а плечи, к которым они приложены, отличаются друг от друга. При равном заполнении лентой обеих катушек натяжение с обеих сторон ведущего вала уравновешивается, и он должен лишь преодолеть ее трение о направляющие ролики, головки и барабан. В конце работы, когда подающая катушка пустая, а приемная полная, натяжение ленты максимально на участке от подающего узла до ведущего вала и много меньше за ведущим валом со стороны приемной катушки. Для выравнивания натяжения ленты иногда применяют системы как ручного, так и автоматического регулирования, работа которых позволяет повысить стабильность средней скорости и улучшить качество воспроизводимого изображения

Колебания скорости связаны с имеющимся эксцентриситетом у вращающихся деталей, с которыми лента соприкасается при ее движении. К этим деталям относятся направляющие, прижимной ролик и ведущий вал. Источником значительных колебаний скорости являются также подающий и приемный узлы лентопротяжного механизма, если сердечники катушки расположены эксцентрично относительно оси вращения. Нестабильность мгновенной скорости движения ленты может быть причиной не только неудовлетворительного качества воспроизводимого звука (появляется детонация), как это бывает в магнитофонах, но и может вызывать ухудшение качества воспроизводимого изображения и его синхронизации. На качество изображения большое влияние оказывают низкочастотные составляющие колебаний скорости ленты.

Отличительная особенность лентопротяжного механизма видеомагнитофона заключается в том, что в тракте движения ленты между подающим узлом и ведущим валом имеется узел вращающихся головок (или головки). Основу этого узла составляет направляющий барабан, по цилиндрической поверхности которого движется магнитная лента. Барабан разделен на две части, в щели между ними вращается диск с магнитными головками, установленными на нем диаметрально противоположно. Ось вращения диска совпадает с осью симметрии барабана, а полюсные наконечники головок выступают за периферию цилиндрической поверхности барабана на несколько микрон. Благодаря этому поддерживается хороший механический контакт между лентой и головками. Плоскость вращения диска наклонена на небольшой угол по отношению к направлению движения ленты, поэтому подающая катушка расположена несколько выше и под углом к плате лентопротяжного механизма (в другом конструктивном варианте механизма барабан может быть наклонен по отношению к плате). При одновременном вращении диска с головками (против часовой стрелки) и продольном движении ленты на ней наносятся наклонные строки записи. расположенные под небольшим углом к краю ленты. Так как лента охватывает цилиндрическую поверхность барабана по дуге, несколько большей, чем половина окружности, вторая головка начинает запись еще до того, как первая выйдет из соприкосновения с лентой. Диск вращается со скоростью, равной частоте следования кадровых импульсов, и каждая из двух головок находится в контакте с лентой в течение времени, превышающего длительность одного полукадра. Такой способ записи с перекрытием позволяет полностью, без потерь, восстановить полный телевизионный сигнал при его воспроизведении.

В лентопротяжном механизме с четырьмя электродвигателями функции каждого из них строго разграничены и определены соответствующими режимами. Все они, за исключением электродвигателя диска головок, питаются непосредственно от сети переменного тока; синхронный электродвигатель диска головок питается от усилителя мощности и снабжен системой автоматического регулирования. Часто в бытовых видеомагнитофонах для снижения стоимости, уменьшения габаритов и массы сокращают число электродвигателей. Например, для приемного и подающего узлов используется один электродвигатель; в некоторых аппаратах он работает в качестве ведущего. Известны портативные видеомагнитофоны, имеющие вообще один электродвигатель, выполняющий в лентопротяжном механизме все функции. Конечно, все это приводит к усложнению кинематической схемы, повышает требования к точности изготовления, усложняет настройку и регулировку механизма.

Во многих бытовых видеомагнитофонах применяют способ записи с одной вращающейся головкой. В зависимости от положения ленты в тракте механизма и на барабане различают две разновидности устройства лентопротяжного механизма. Когда диаметр барабана достаточно большой и расстояние между неподвижными направляющими колонками позволяет заправлять ленту, применяют тракт лентопротяжного механизма с Ω-петлей (рис. 14,*а*). Разрыв в записи информации в таких видеомагнитофонах оказывается значительным и может достигать 500 *мксек* (см. § 4). При меньших диаметрах барабана расстояние между направляющими колонками уменьшается настолько, что заправка ленты оказывается

невозможной. Тогда направляющие колонки при заправке ленты откидываются или специальной механической системой раздвигаются и устанавливаются в нормальное положение в режиме рабочего хода.

В некоторых видеомагнитофонах, например IVC-800, выпускаемых в США, применяют тракт лентопротяжного механизма с α-петлей (рис. 14,*б*). Здесь лента обхватывает барабан по замкнутой петле, благодаря чему разрыв при записи информации становится минимальным (20—30 *мксек*). Такая конструкция лентопротяжного механизма позволяет использовать барабаны с достаточно малым диаметром.

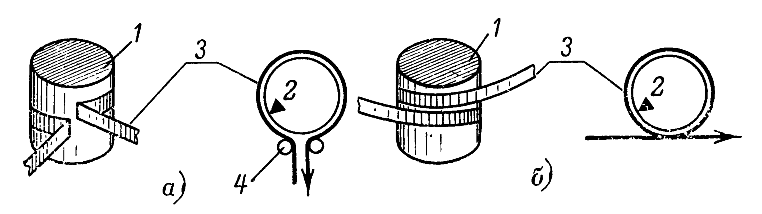


Рис. 14. Положение ленты на барабане в видеомагнитофоне с одной вращающейся головкой для тракта лентопротяжного механизма с Ω-петлей (*а*) и α-петлей (*б*).

1 — направляющий барабан; *2* — магнитная головка; *3* — лента; *4* — направляющие.

Бытовые видеомагнитофоны, как правило, имеют барабан с достаточно большим диаметром, что обеспечивает необходимую скорость записи (см. гл. 2), и поэтому в лентопротяжном механизме обычно применяют Ω-петлю. Расположение основных элементов тракта лентопротяжного механизма такого видеомагнитофона показано на рис. 15. Основное отличие от лентопротяжного механизма видеомагнитофона с двумя вращающимися головками (рис. 13) состоит в том, что угол обхвата барабана лентой здесь увеличен почти до 360° и частота вращения диска увеличена в 2 раза и равна полукадровой частоте. В механизме подобного типа лента прижимается к ведущему валу дважды — при выходе с катушки подающего узла и перед намоткой ее на катушку приемного узла. Внутри образующейся замкнутой петли ленты устанавливаются магнитные головки и неподвижный барабан с вращающимся диском. Имеющиеся два прижимных ролика надежно изолируют участок ленты внутри петли от воздействия переменных усилий со стороны подающего и приемного узлов. Это, в свою очередь, позволяет в ряде случаев отказаться от системы регулирования натяжения ленты, что упрощает механизм видеомагнитофона.

Наиболее сложный узел лентопротяжного механизма — узел вращающейся головки, схематический чертеж которого приведен на рис. 16. Все элементы узла должны быть изготовлены с высокой точностью и очень точно собраны. Сам узел, тщательно отрегулированный, должен быть правильно установлен на плате лентопротяжного механизма. Поверхность неподвижного барабана выполнена с большой точностью и имеет специальное покрытие, позволяющее протягивать ленту по его поверхности с небольшим усилием.

Обычно применяют химическое полирование с последующим гальваническим нанесением на поверхность барабана тонкого слоя хрома. Для получения необходимой траектории движения ленты по поверхности барабана на ней устанавливают ограничительные штифты, которых лента касается своими краями. Конструкция штифтов такова, что позволяет легко регулировать положение ленты на барабане. В основании барабана установлены направляющие колонки (рис. 15), обеспечивающие заданный угол обхвата его лентой. В режиме рабочего хода колонки приближены к барабану,

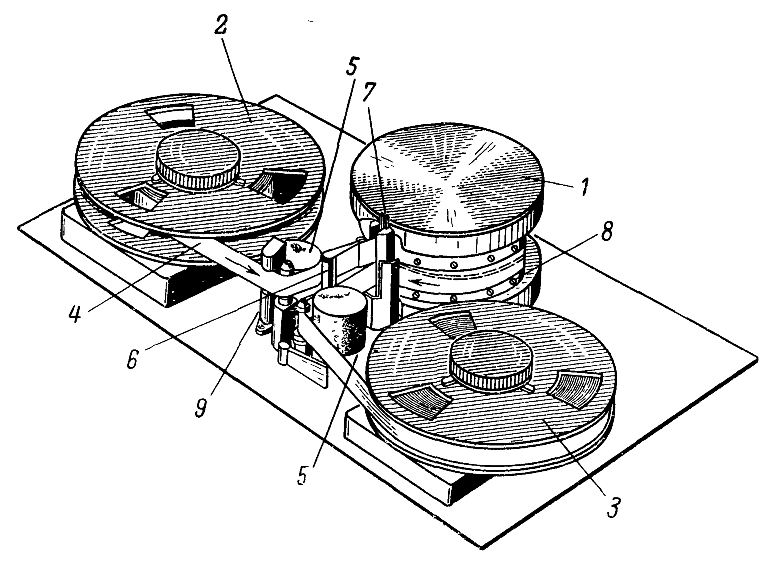


Рис. 15. Расположение основных элементов лентопротяжного механизма с одной вращающейся головкой.

1 — узел вращающейся головки; *2* — подающая катушка; *3* — приемная катушка; *4* — лента; *5* — прижимные ролики; *6* — ведущий вал; *7* — направляющие колонки; *8* — ограничительные штифты; *9* — стирающая головка.

а при заправке или ускоренном ходе они откидываются. Диск, несущий головку, вращается в шариковых подшипниках внутри барабана, а установка головки в специальном гнезде на диске позволяет ее легко закреплять и заменять при износе.

Со схемой аппарата головка связана через токосъемник, который может быть контактным и бесконтактным (рис. 17). Токосъемник состоит из двух основных частей: ротора, вращающегося на валу диска, и статора, закрепленного неподвижно. Ротор контактного токосъемника (рис. 17,*а*) состоит из трех колец, два из которых соединены с обмоткой головки, а одно — с корпусом диска. К кольцам пружинами прижимаются контактные щетки. Для избежания помех или, по крайней мере, для их снижения, контактная поверхность колец покрывается серебром, а щетки изготовляют из мягкого графита.

В бесконтактном токосъемнике (рис. 17, *б*) ротор и статор выполняют из ферритовых колец, служащих сердечником трансформатора. На кольцах намотаны обмотки, причем первичная обмотка размещена на роторе и соединена с обмоткой головки, а вторичная — на статоре. Эта обмотка выводится наружу и в зависимости от режима работы видеомагнитофона подключается на выход усилителя записи или на вход усилителя воспроизведения. В непосредственной близости от выхода токосъемника размещают предварительные усилители записи и воспроизведения. Часто они, так же как и токосъемник, бывают размещены внутри барабана. На нижнем свободном конце вала диска обычно устанавливают вращающийся узел датчика оборотов. Описание и принцип работы датчиков оборотов изложены в следующем параграфе.

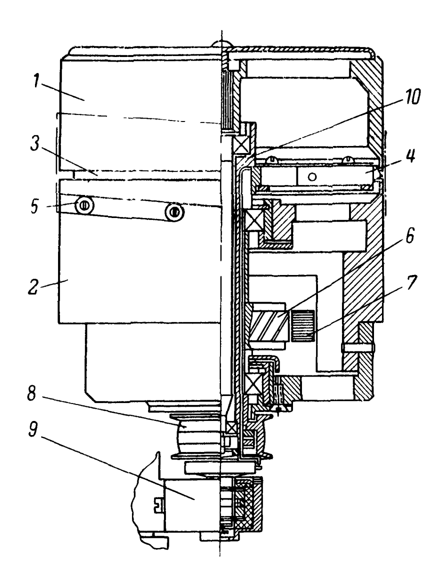


Рис. 16. Устройство узла вращающейся головки.

1, 2 — верхняя и нижняя части направляющего цилиндрического барабана; *3* — диск с магнитной головкой *4*; *5* — ограничительные штифты; *6* — ротор; *7* — статор датчика оборотов; *8* — шкив; *9* — бесконтактный токосъемник; *10* — ось диска.

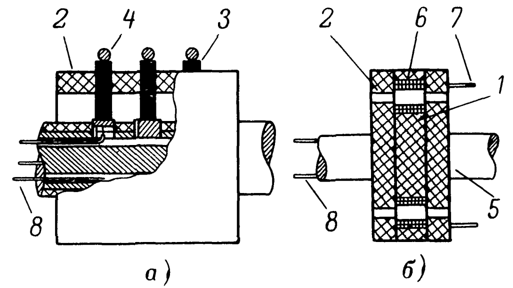


Рис. 17. Устройство контактного (*а*) и бесконтактного (*б*) токосъемников.

1 — ротор; *2* — статор; *3* — угольные щетки; *4* — контактные пружины; *5* — ось токосъемника; *6, 7* — обмотки ротора и статора с выводами *8*.

Диск с головкой вращается синхронным двигателем или непосредственно, или через ременную передачу. Скорость вращения диска управляется системой автоматического регулирования, описание которой приведено в следующем параграфе.

На плате механизма для записи звукового сопровождения и управляющего сигнала, необходимого для работы системы автоматического регулирования, по ходу движения ленты устанавливаются блоки магнитных головок, а также общая для всей ленты стирающая головка.

Управление работой механизма производится различными релейными устройствами, коммутация которых осуществляется, как правило, переключателями, расположенными на панели вместе с другими элементами управления. В бытовых видеомагнитофонах для удобства их эксплуатации часто применяют механические счетчики длины ленты, контакты обрыва ленты, световую сигнализацию неисправностей, дистанционное управление.

В настоящее время решаются вопросы стандартизации бытовых видеомагнитофонов. Международной электротехнической комиссией (МЭК) уже приняты рекомендации по типу катушек и ширине магнитной ленты. В бытовых видеомагнитофонах с двумя вращающимися головками ширина магнитной ленты выбрана равной 12,7 *мм,* а катушки для намотки ленты приняты аналогичные тем, которые используются в бытовых магнитофонах: пластмассовые, с центральным отверстием 8,1 *мм* (ГОСТ 13275-67), но большие по ширине. Скорости движения ленты, диаметр диска и скорости записи-воспроизведения еще не стандартизованы.

8. Система автоматического регулирования

Система автоматического регулирования скорости вращения видеоголовок САР-ВГ является основной системой регулирования видеомагнитофона с одной или двумя вращающимися головками. Эта система фазирует угловое положение диска с головками по отношению к ленте и опорному сигналу.

В видеомагнитофоне с одной вращающейся головкой за один оборот диска на наклонной дорожке записывается информация одного полукадра телевизионного изображения. Частота вращения диска с головками равна частоте полукадров телевизионного изображения. Здесь, когда головка переходит с верхнего края ленты на нижний, неизбежен разрыв в записи информации. Задача системы САР-ВГ состоит в том, чтобы сфазировать момент перехода головки с одного края ленты на другой со временем гасящего кадрового импульса. Тогда весь видеосигнал, содержащийся в телевизионном кадре, будет записан на ленте. Незаписанные на ленте импульсы синхронизации могут быть восстановлены тем или иным путем при воспроизведении записи.

В видеомагнитофоне с двумя вращающимися головками частота вращения диска в 2 раза меньше и равна частоте кадровых импульсов. Сигнал записывается поочередно двумя головками: за один оборот диска записываются два полукадра изображения, и разрыва в записи информации не происходит. Система САР-ВГ в этом случае должна сфазировать угловое положение диска с видеоголовками по отношению к ленте и опорному сигналу так, чтобы полукадровые синхронизирующие импульсы записывались постоянно в одном и том же месте наклонной дорожки.

Таким образом, системы автоматического регулирования в видеомагнитофонах с одной и двумя вращающимися головками выполняют идентичные функции и не имеют принципиальных разли-

чий. Поэтому дальнейшее рассмотрение системы будем вести для видеомагнитофона с одной вращающейся головкой. Видеомагнитофоны с одной и двумя вращающимися головками могут иметь систему автоматического регулирования скорости вращения ведущего двигателя САР-ВД, которая регулирует среднюю скорость движения магнитной ленты при воспроизведении и позволяет осуществить режим внешней синхронизации воспроизводимого телевизионного изображения. Такая система обычно применяется только в профессиональных видеомагнитофонах и поэтому в дальнейшем нами не рассматривается.

На рис. 18 приведена функциональная схема системы САР-ВГ для случая, когда в видеомагнитофоне диск с головкой вращается непосредственно синхронным электродвигателем *1*, который и служит исполнительным элементом системы. Фазовый дискриминатор *2*,

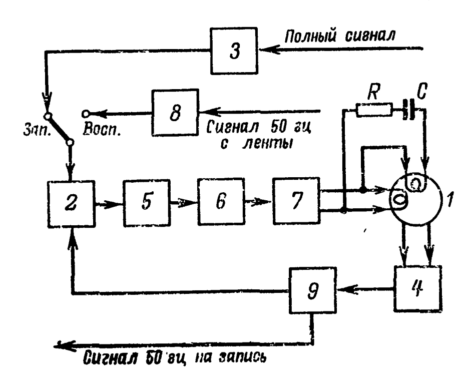


Рис. 18. Функциональная схема системы САР-ВГ.

1 — синхронный электродвигатель; *2* — фазовый дискриминатор; *3* — опорный селектор; *4* — датчик оборотов; *5* — управляемый генератор; *6* — фильтр нижних частот; *7* — усилитель мощности; *8* и *9* — схемы формирования воспроизводимых сигналов и сигналов датчика оборотов.

на два входа которого поступают управляющие сигналы, служит измерительным элементом системы. Один из управляющих сигналов, который формируется опорным селектором *3* из полукадровых синхроимпульсов полного телевизионного сигнала, поступающего на запись, называется опорным сигналом. Другой управляющий сигнал формируется из сигналов, поступающих с датчика оборотов *4* электродвигателя диска с головкой, и называется контрольным. Этот сигнал контролирует угловое положение диска (головки), которое благодаря регулирующему действию системы остается постоянным во время записи. Сигнал ошибки, выделяемый в результате сравнения по фазе управляющих сигналов фазовым дискриминатором, воздействует на частоту и фазу генератора *5*, который через усилитель мощности *7* питает синхронный электродвигатель. Таким образом, цепь обратной связи оказывается замкнутой. Если электродвигатель питается синусоидальным напряжением, то фазовый сдвиг 90°

между напряжениями, питающими обмотки двигателя, необходимый для его правильной работы, производится цепочкой *RC*, включаемой в цепь одной из обмоток электродвигателя. Параметры фазосдвигающей цепочки *RC* зависят от типа электродвигателя и приводятся в его техническом паспорте.

Если электродвигатель имеет две одинаковые обмотки, то для его питания можно применить не один, а два одинаковых, но меньших по мощности усилителя. Выходы этих усилителей нагружают непосредственно на каждую обмотку электродвигателя. Для повышения коэффициента мощности электродвигателя параллельно его обмоткам обычно включают фазосдвигающие конденсаторы, емкость которых выбирают так, чтобы возникал резонанс на частоте питания. Для получения сдвига фаз на 90° на входе каждого усилителя включают фазосдвигающие цепочки *RC*, причем на входе одного усилителя включают опережающую цепочку, сдвигающую фазу на +45°, а на входе другого — запаздывающую на —45°. Если форма сигнала управляемого генератора отличается от синусоидальной, то на его выход включают фильтр нижних частот *6*, подавляющий высшие гармонические составляющие.

Питание синхронного электродвигателя может производиться не только синусоидальным, но и импульсным напряжением. Импульсные усилители мощности, работающие в ключевом режиме, имеют лучший к. п. д. и в ряде случаев позволяют отказаться от выходных трансформаторов. Для получения фазового сдвига между входными сигналами усилителей применяют специальные импульсные устройства. Один из возможных вариантов такого импульсного расщепителя фаз и временны́е диаграммы, поясняющие его работу, приведены на рис. 19.

На вход расщепителя фаз с управляемого генератора должны поступать импульсы с частотой следования, в 4 раза большей, чем частота питания синхронного электродвигателя. В основе схемы лежит деление частоты следования импульсов на четыре с помощью двух последовательно включенных симметричных триггеров *Тг1* и *Тг2* с двумя устойчивыми состояниями. Поэтому на выходе второго триггера *(Вых. 1)* формируются прямоугольные симметричные импульсы, образующие напряжение одной из фаз для питания импульсного усилителя мощности. Напряжение, сдвинутое на 90° для питания второго усилителя мощности, формируется на выходе третьего триггера *Тг3*, запуск которого производится на два раздельных входа входными импульсами через схемы совпадений *И1* и *И2*. В свою очередь разрешающие импульсы на соответствующие входы схем совпадений поступают с противоположных выходов триггера *Тг2*. Благодаря такому включению элементов схемы выходные сигналы триггера *Тг3* оказываются однозначно сфазированы с выходными сигналами триггера *Тг2* с временны́м сдвигом, равным периоду следования входных импульсов, т. е. 90°.

Назначение системы регулирования во время воспроизведения несколько изменяется: в этом случае оказывается необходимым согласовать скорость движения ленты и диска и их взаимное положение так, чтобы головка точно следовала по строчке записи и воспроизводила сигнал со всей ее ширины. Для этого одновременно с записью телевизионного сигнала на ленту записывается управляющий сигнал с датчика оборотов диска. Будучи записанным на продольной дорожке, он содержит информацию о скорости и взаимном положении ленты и головки при записи. Управляющий сигнал, вос-

производимый с этой дорожки, поступает на фазовый дискриминатор 2 (см. рис. 17) и используется в качестве опорного сигнала. На другой вход фазового дискриминатора, как и во время записи, поступает контрольный сигнал с датчика оборотов диска. Сигнал ошибки, выделенный фазовым дискриминатором, управляет скоростью вращения диска и определяет взаимное положение ленты и головки в течение всего времени воспроизведения программы.

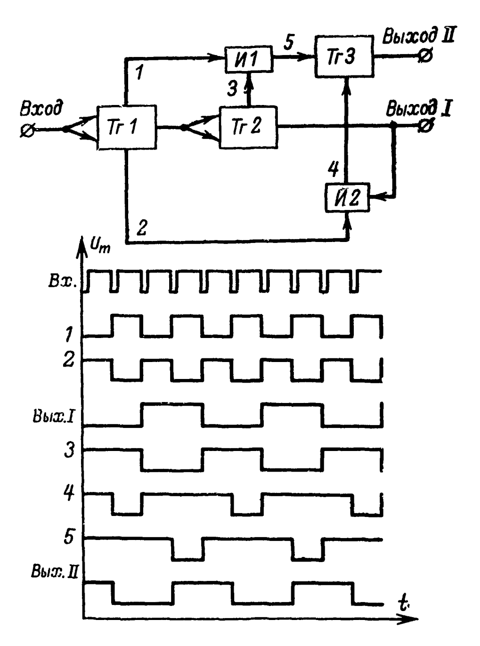


Рис. 19. Функциональная схема (*а*) и временные диаграммы (*б*) импульсного расщепителя фаз.

Описанная система автоматического регулирования САР-ВГ работает как в режиме записи, так и в режиме воспроизведения по принципу фазовой автоподстройки частоты (скорости) вращения диска. Особенность работы такой системы состоит в имеющейся в ней временно́й остаточной ошибке процесса регулирования. В самом деле, если при воспроизведении в процессе регулирования оказалось необходимым несколько изменить скорость вращения диска, то надо изменить частоту питания электродвигателя, т. е. частоту управляемого генератора. Но это возможно только при изменении управляющего напряжения на выходе фазового дискриминатора, что в свою очередь влечет за собой изменение текущей разности фаз между опорным и контрольным сигналами. Возникшее в системе новое фазовое соотношение отличается от прежнего на величину отклонения фазы, которое оказалось необходимым для изменения

скорости вращения диска в новых условиях. Эти изменения фазы входных управляющих сигналов, возникающие в процессе регулирования, обычно выражаются во временном масштабе и называются статической ошибкой регулирования. Ее величина может быть определена из выражения

$$\Delta\tau_{\text{ст}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{к}}}{\omega_0} \frac{1}{k_{\text{р}}} = \frac{\delta}{k_{\text{р}}},$$

где $\delta = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{к}}}{\omega_0}$ — относительное изменение частоты контрольного сигнала $\omega_{\text{к}}$ по отношению к опорному сигналу ω_0 или коэффициент временной нестабильности системы при разомкнутой цепи регулирования, а $k_{\text{р}}$ — коэффициент регулирования системы.

Коэффициент регулирования системы выражается в 1/*сек*(*гц*) и равен произведению коэффициентов передачи всех звеньев системы, входящих в цепь обратной связи. В рассматриваемом случае его величина определяется крутизной статических характеристик фазового дискриминатора и управляемого генератора.

Чем больше коэффициент регулирования, тем меньше статическая ошибка в системе, тем точнее выдерживается установленное при настройке соотношение между угловым положением головки и лентой. Таким образом, статическая ошибка и величина ее изменения могут служить для оценки точности работы системы. Следовательно, точность работы системы определяется ее коэффициентом регулирования и, кроме того, зависит от временно́й нестабильности элементов системы и стабильности частоты опорного сигнала. Поэтому при разработке системы регулирования большое внимание уделяется повышению стабильности всех элементов системы и прежде всего ее структурных элементов, входящих в цепь обратной связи, таких как управляемый генератор и фазовый дискриминатор.

Необходимая точность работы системы регулирования во время записи определяется условиями формирования (восстановления) кадрового импульса при воспроизведении изображения. Ее величина может быть принята равной ±100 — 200 *мксек*. Во время записи опорный сигнал системы регулирования формируется из кадровых импульсов записываемого сигнала, и его частота достаточно стабильна. Даже если записываемый телевизионный сигнал синхронизирован частотой сети, его нестабильность обычно близка к 10^{-3}.

Величина коэффициента регулирования в системе всегда ограничена. С увеличением коэффициента регулирования нарушаются условия устойчивости системы, и она делается неработоспособной. Оптимальное значение коэффициента регулирования определяется структурной схемой самой системы, а также составом и характеристиками ее элементов и обычно находится в пределах примерно от 1 до 15 *гц*. Наибольший коэффициент регулирования может быть получен в описываемой схеме, где диск с головкой установлен непосредственно на валу синхронного электродвигателя, служащего исполнительным элементом системы. Как показывают расчеты, для получения заданной точности работы системы стабильность коэффициента передачи фазового дискриминатора и управляемого генератора должна быть не ниже $1 - 3 \cdot 10^{-3}$.

Точность работы системы регулирования во время воспроизведения может оказаться значительно ниже, чем это было во время записи. Это объясняется тем, что опорный сигнал системы регулиро-

вания воспроизводится с ленты и к нестабильности его частоты, которая была при записи, добавляются погрешности, вызванные нестабильностью средней и мгновенной скоростей движения ленты, которые иногда могут составлять значительную величину.

Следует отметить, что допустимая точность работы системы регулирования может быть несколько понижена по сравнению с требованиями во время записи. В общем случае, если изменения статической ошибки во время воспроизведения мало отличаются (в 1,5—2 раза) от значений, которые были при записи, то можно считать, что лентопротяжный механизм отрегулирован правильно. Во время воспроизведения система регулирования должна обеспечивать воспроизведение сигнала со всей ширины строчки записи. Когда это условие нарушается, то уменьшается амплитуда воспроизводимого сигнала и ухудшается отношение сигнал/помеха. Если допустимое изменение амплитуды воспроизводимого сигнала по этой причине ограничить величиной 1 *дб* ($\sim 10\%$), то допустимые изменения статической ошибки или точность работы системы могут быть определены из выражения:

$$\Delta\tau_{доп} = 0{,}1 \frac{h}{v_л} \frac{2\pi R}{b},$$

где h — ширина строчки с записью видеосигнала;

b — скорость и ширина ленты;

R — значение радиуса, на котором находится головка на диске.

В различных видеомагнитофонах значения указанных параметров в зависимости от их конструктивных особенностей могут несколько меняться. Исходя из указанного условия, допустимая точность работы системы регулирования находится в пределах 1—3 *мсек*. Однако это условие еще недостаточно, чтобы получить нормальное воспроизведение записанного телевизионного сигнала. Нестабильность скорости движения магнитной ленты во время воспроизведения вызывает изменение не только частоты опорного сигнала, но и приводит к нестабильности как средней, так и мгновенной частоты кадровых и строчных импульсов воспроизводимого телевизионного сигнала. Это в свою очередь может вызывать не только геометрические искажения изображения (например, изменения площади кадра), но и быть причиной нарушения синхронизации телевизора. Особенно неприятны для зрителя периодические изменения мгновенной частоты воспроизводимого сигнала с частотой, меньшей и кратной частоте кадровой развертки, которые вызывают дрожания изображения на экране. Все это говорит о том, что лентопротяжный механизм должен быть сконструирован и изготовлен так, чтобы изменение мгновенной скорости движения ленты было не более чем 0,15—0,3%.

В ряде моделей видеомагнитофонов, например, в отечественном видеомагнитофоне «Малахит», применена система регулирования, в которой двигатель диска с головкой питается непосредственно от сети переменного тока. В этом случае диск вращается через ременный привод, а скорость его вращения управляется электромагнитным тормозом.

Функциональная схема такой системы регулирования приведена на рис. 20. На валу диска установлен ротор электромагнитного тормоза, состоящий из цилиндра, изготовленного из алюминиевого сплава, на боковую поверхность которого насажено медное кольцо. Ротор охватывается полюсами статора, собранного из пластин

трансформаторной стали с катушкой, на которой размещена обмотка Зазор между ротором и полюсами статора делают минимально возможным, и обычно он составляет 0,1—0,3 *мм*. Чем меньше зазор, тем больше эффективность электромагнитного тормоза.

Постоянный ток, проходящий в статорной обмотке, создает электромагнитное поле, которое вызывает в медном кольце вращающегося ротора, работающего как короткозамкнутый виток, вихревые токи. Последние создают электромагнитное поле, взаимодействие которого с электромагнитным полем статора противодействует вращающему моменту ротора. Так как ротор электромагнитного тормоза приводится во вращение через ременную передачу, то нагрузка, вызванная прохождением тока через обмотку тормоза, вызывает изменение величины проскальзывания, что приводит к изменению коэффициента передачи. Следовательно, частота вращения диска с головкой оказывается зависимой от величины постоянного тока, протекающего через обмотку статора. Для того чтобы обеспечить возможность изменения скорости в обе стороны от ее номинального значения, скорость вращения диска в отсутствии тока через обмотку статора устанавливается (путем выбора соответствующего соотношения диаметров шкивов ременной передачи) на 1—2% больше, чем ее номинальная величина, равная частоте кадров. Тогда, изменяя ток в обмотке тормоза, удается регулировать скорость вращения диска. Таким образом, исполнительным элементом системы служит электромагнитный тормоз *1*, обмотка которого через усилитель постоянного тока *2* питается сигналом ошибки с выхода фазового дискриминатора *3*. В остальном эта система регулирования работает так же, как это было описано ранее. Недостаток данной системы заключается в том, что в цепи обратной связи необходим усилитель постоянного тока, статический дрейф которого увеличивает временну́ю нестабильность системы регулирования и может быть причиной снижения точности ее работы. Использование ременного привода для вращения диска также ухудшает параметры системы: увеличивает ее инерционность и снижает коэффициент регулирования. Конструктивные параметры ременной передачи (материал ремня, его толщина, длина, степень

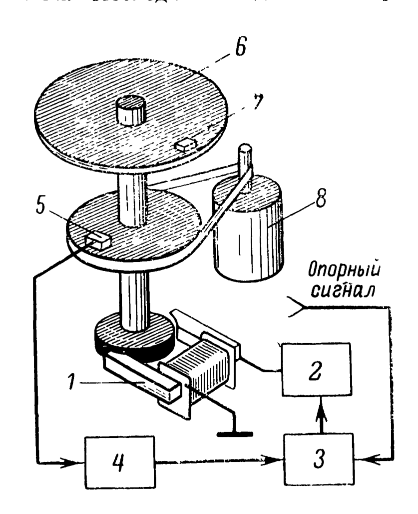


Рис. 20. Функциональная схема системы автоматического регулирования с электромагнитным тормозом.

1 — электронный тормоз; *2* — усилитель постоянного тока; *3* — фазовый дискриминатор; *4*—формирователь сигналов датчика оборотов; *5* — датчик оборотов; *6* — вращающийся диск с головкой; *7*, *8* — электродвигатель.

проскальзывания) имеют первостепенное значение для работы системы регулирования. Ремень обычно изготавливают из специальной резины или полиуретана; он должен иметь хорошее сцепление со шкивами и в то же время обеспечивать переменный, в зависимости от величины нагрузки, коэффициент проскальзывания. Все это значительно усложняет расчет и настройку системы регулирования и делает необходимым чисто экспериментальный выбор основных конструктивных параметров ременной передачи и всей системы регулирования в целом.

Для повышения точности работы системы САР-ВГ можно применять дополнительную цепь регулирования, служащую для компенсации изменения статической ошибки как во время записи, так и во время воспроизведения. Кроме того, когда в качестве фазового дискриминатора применяют триггер с двумя устойчивыми состояниями, можно отказаться от усилителя постоянного тока в цепи усиления временно́й ошибки, заменив его импульсным усилителем мощности. Структурная схема и временны́е диаграммы, поясняющие принцип работы системы, приведены на рис. 21.

Сигнал А с датчика оборотов *1* преобразуется формирующим устройством *2* в пилообразное напряжение *Б*, которым запускается триггер Шмитта *3* (несимметричный триггер с одним устойчивым состоянием). Схема формирования пилообразного напряжения вместе с триггером Шмитта образуют широтный модулятор Его выходной сигнал имеет форму прямоугольных импульсов *В*, частота следования которых равна частоте запускающих сигналов, т е. частоте сигнала датчика оборотов, а их длительность оказывается функцией управляющего напряжения, поступающего на управляющий вход триггера. Управляющее напряжение получается путем интегрирования звеном *4* с большой постоянной времени (1—3 *сек*) выходного импульсного сигнала триггера *5*. Этот триггер выполняет функцию фазового дискриминатора системы регулирования и собран по симметричной схеме с двумя устойчивыми состояниями. Запускается триггер отрицательными импульсами, причем на один его вход поступают опорные сигналы *Д*, а на другой — импульсы *В* с выхода широтного модулятора. Поэтому длительность импульсов *Г*, сформированных триггером, оказывается пропорциональной текущей разности фаз двух запускающих импульсных последовательностей. Постоянная составляющая выходных импульсов *Г* триггера *5* пропорциональна управляющему напряжению сигнала временно́й ошибки. Через согласующий усилитель мощности *6* эти импульсы поступают в обмотку *7* электромагнитного тормоза, где в результате изменения их постоянной составляющей осуществляется регулирующее воздействие фазового дискриминатора на скорость вращения диска с головкой.

При появлении статической ошибки $\Delta\tau_{ст}$ во время записи или воспроизведения изменяется длительность импульсов *Ж* триггера *5*, например, в сторону ее увеличения $\tau_{тр} = \tau_0 + \tau_{ст}$. Это вызывает изменения управляющего напряжения на выходе интегрирующего звена *4*, что в свою очередь ведет к изменению порога срабатывания триггера и изменению (уменьшению) длительности импульсов *Е* на его выходе: $\tau_{тш} = \tau_0 - \Delta\tau$. Время запуска триггера *5* изменяется, но длительность импульса *Ж* на его выходе продолжает оставаться той же величины, т. е. $\tau_{тр} = \tau_0 + \tau_{ст}$. При этом если $\Delta\tau_{ст} = -\Delta\tau$, то, как это видно из временно́й диаграммы, временно́е соотношение между импульсами опорного сигнала и импульсами

датчика оборотов остаются такими же, какими они были заданы при настройке системы. Поэтому, несмотря на изменение статической ошибки, возникающей в процессе регулирования по тем или иным причинам, угловое положение головки по отношению к ленте остается постоянным и неизменным во время записи или воспроизведения. Это условие сохраняется только в том случае, если коэффициент передачи от выхода симметричного триггера до выхода триггера Шмитта широтного модулятора равен минус единице,

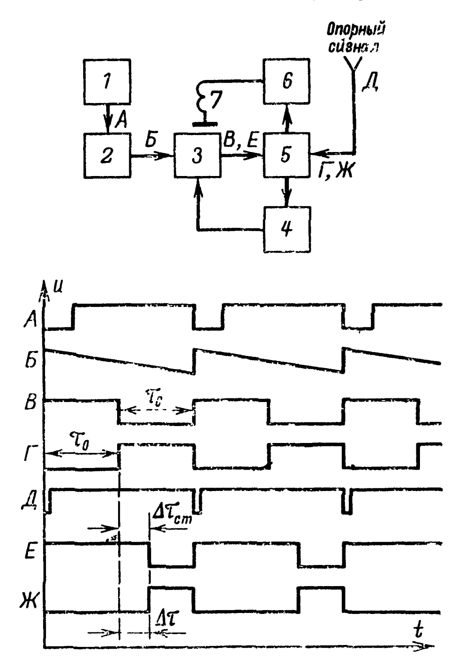


Рис. 21. Структурная схема (*а*) и временные диаграммы (*б*) системы САР-ВГ с цепью компенсации.

1 — датчик оборотов; *2* — формирующее устройство; *3* — триггер по схеме Шмитта; *4* — интегрирующее звено; *5* — фазовый дискриминатор; *6* — усилитель мощности; *7* — электромагнитный тормоз.

т. е. $\Delta\tau_{ст} = -\Delta\tau$. Степень отклонения коэффициента передачи от единицы определяет точность работы этой цепи компенсации статической ошибки и всей системы регулирования в целом. Однако нет особой необходимости устанавливать коэффициент усиления в этой цепи с высокой точностью: даже при погрешности коэффициента передачи в 10%, что легко может быть достигнуто при настройке, эта цепь регулирования уменьшает изменение статической ошибки в 10 раз.

Принципиальная схема САР-ВГ с цепью компенсации статической ошибки, включающая основные элементы системы, приведена на рис. 22. Управляющий сигнал частотой следования 50 *гц* с датчика оборотов диска, предварительно сформированный в импульсы отрицательной полярности с амплитудой 5—10 *в* и длительностью 1—2 *мсек,* поступает на входное устройство, служащее для формирования пилообразного сигнала. Эта схема состоит из ключевого

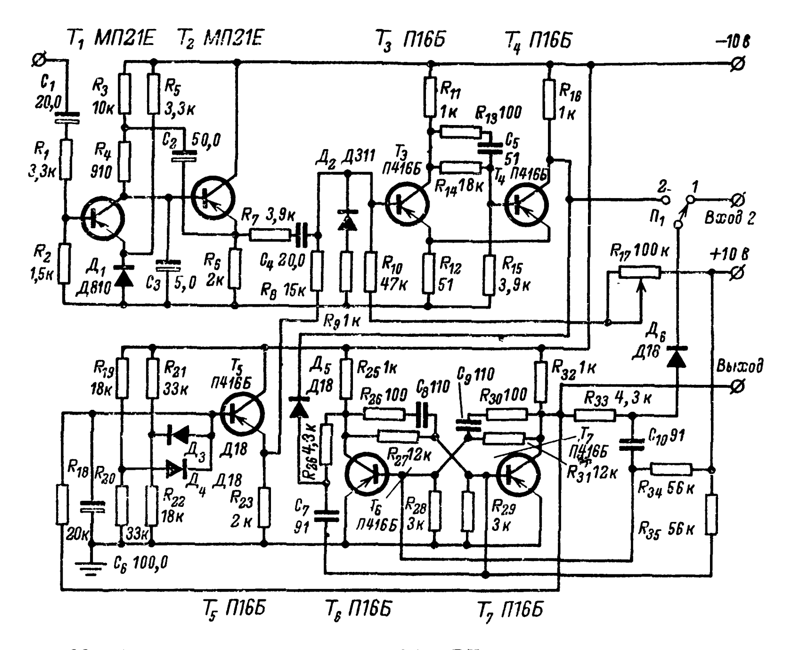


Рис. 22. Принципиальная схема САР-ВГ с цепью компенсации статической ошибки.
(Детали, обозначенные *, здесь и в последующих принципиальных схемах подбирают при настройке.)

каскада T_1 и эмиттерного повторителя T_2. Входной отрицательный импульс дифференцируется цепочкой C_1R_2, и, если его размах превышает напряжение 0,6—0,8 *в* на диоде $Д_1$, транзистор T_1 отпирается и переходит в режим насыщения. Благодаря этому конденсатор C_3 быстро разряжается током насыщенного транзистора T_1. Время, в течение которого транзисторный ключ отперт (длительность дифференцированного входного импульса на уровне порога срабатывания ключа), должно быть достаточным для полного разряда конденсатора, но не должно значительно превышать этой величины.

По окончании входного дифференцированного импульса транзисторный ключ T_1 запирается напряжением на диоде $Д_1$ и конденсатор C_3 до прихода следующего входного импульса начинает медленно заряжаться через два последовательно соединенных рези-

стора R_3 и R_4. Далее с приходом каждого последующего входного импульса процесс повторяется и на выходе каскада, на резисторе R_6 формируются пилообразные сигналы с частотой следования 50 *гц* Для повышения линейности этого сигнала предусмотрена цепь обратной связи через конденсатор C_2 с эмиттерного повторителя T_2 Через переходную цепь R_7C_4 пилообразный сигнал поступает на вход триггера Шмитта, собранного на транзисторах T_3 и T_4 Кроме этого запускающего сигнала на вход триггера Шмитта с эмиттерного повторителя T_5 поступает управляющее напряжение, изменение которого перемещает порог срабатывания триггера Шмитта, что в итоге приводит к соответствующим изменениям длительности прямоугольных импульсов на выходе триггера Шмитта. Амплитуда пилообразного сигнала на входе триггера определяет крутизну преобразования схемы и поэтому, меняя сопротивление резистора R_7, можно подобрать необходимую чувствительность схемы. При больших изменениях управляющего напряжения, когда оно превышает амплитуду пилообразного сигнала, триггер Шмитта перестает формировать импульсные сигналы, что нарушает работоспособность схемы. Чтобы исключить это явление, в цепь базы эмиттерного повторителя T_5 включены два ограничительных диода $Д_3$ и $Д_4$, на которые поступает напряжение смещения с делителей R_{19}, R_{20} и R_{21}, R_{22}.

Таким образом, схема формирования пилообразного сигнала T_1 и T_2, триггер Шмитта T_3 и T_4 вместе с эмиттерным повторителем T_5 образуют широтный модулятор.

Управляющее напряжение на вход эмиттерного повторителя T_5 поступает с интегрирующего звена, образованного резистором R_{18} и конденсатором C_6. На вход этого звена поступают выходные импульсы с триггера, собранного по симметричной схеме с двумя устойчивыми состояниями на транзисторах T_6 и T_7. Симметричный триггер запускается через диод $Д_5$ и конденсатор C_7 отрицательными фронтами выходных импульсов широтного модулятора и через диод $Д_6$ и конденсатор C_{10} опорными управляющими импульсами, поступающими на *Вход 2*. Для выбора рабочей точки широтного модулятора переключатель $П_1$ устанавливают в положение *2*, что переводит симметричный триггер в режим деления, и на его выходе формируются симметричные импульсы, после чего регулятором R_{17} на выходе триггера Шмитта устанавливается скважность выходных сигналов, равная двум.

Коэффициент передачи компенсационной цепи регулируют, как уже рассмотрено ранее, подбором сопротивления резистора R_7. При работе системы длительность отрицательных импульсов на выходе триггера Шмитта (резистор R_{16}) и длительность отрицательных импульсов на одном из выходов симметричного триггера (например, на резисторе R_{27}) должны быть равны. Импульсный усилитель подключают на выход схемы. В том случае, если схема усилителя переворачивает фазу входного сигнала, необходимо изменить знак обратной связи в системе. Для этого сигнал на вход усилителя следует брать с противоположного коллектора симметричного триггера, т. е не с резистора R_{31}, а с резистора R_{27}.

Для работы системы САР-ВГ формируются опорные управляющие сигналы и управляющие сигналы, определяющие угловое положение диска с головкой и положение магнитной ленты. Обычно для этих целей используют импульсные сигналы с частотой следования, равной полукадровой частоте. Опорные управляющие сигналы во

время записи формируются из полукадровых синхроимпульсов. В том случае, если записываемый телевизионный сигнал синхронизован сетью, опорные импульсы можно формировать непосредственно от сети.

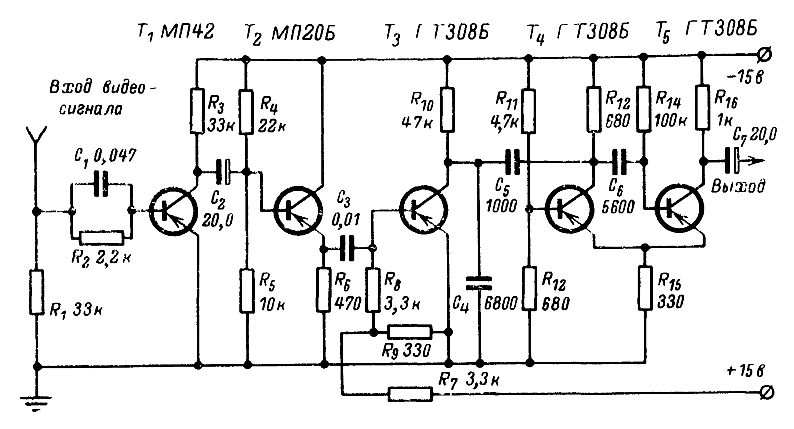


Рис. 23. Принципиальная схема устройства для формирования опорного сигнала.

В тех случаях, когда запись ведется с телевизора, удобнее формировать опорный сигнал из записываемого телевизионного сигнала (рис. 23). Входной видеосигнал подается на амплитудный селектор T_1, который выделяет из него синхросмесь. Выделение импульса происходит посредством дифференцирования кадровой группы (конденсатор C_3) и последующего ограничения (транзистор T_3). При этом передний фронт формирующего импульса фиксируется очень точно, так как соответствует по времени первой кадровой врезке. Совместно с конденсатором C_4 транзистор T_3 образует генератор пилообразных колебаний, необходимый для того, чтобы последующие врезки не могли запустить ждущий мультивибратор и дать на выходе ложный сигнал. При наличии генератора пилообразного напряжения, растягивающего запускающий сигнал, ждущий мультивибратор (T_4 и T_5) запускается только первой врезкой и его момент срабатывания жестко фиксируется. Сформированный опорный импульс подается в систему автома-

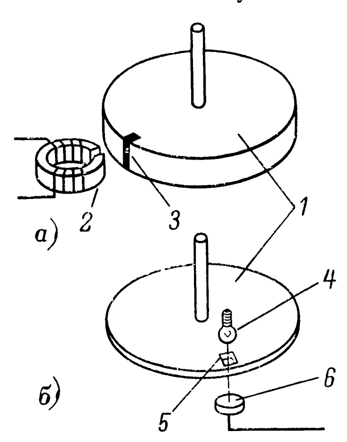


Рис. 24. Устройство магнитного датчика (*а*) и фотодатчика (*б*) оборотов диска.

1 — диск; *2* — магнитная головка; *3* — магнит; *4* — источник света; *5* — прорезь; *6* — фотодиод.

тического регулирования и на усилитель записи, который записывает контрольный сигнал на магнитную дорожку.

Во время воспроизведения опорные управляющие сигналы системы САР-ВГ поступают из канала управления, на вход которого приходят сигналы, воспроизводимые с ленты. В канале управления они усиливаются и формируются в импульсные сигналы. Для устранения выпадений сигнала при воспроизведении обычно применяют схемы двустороннего ограничения на диодах. В канале управления также формируются импульсы, вырабатываемые датчиком оборотов. Простейший датчик оборотов состоит из обычной магнитной головки с широким рабочим зазором и небольшого постоянного магнита,

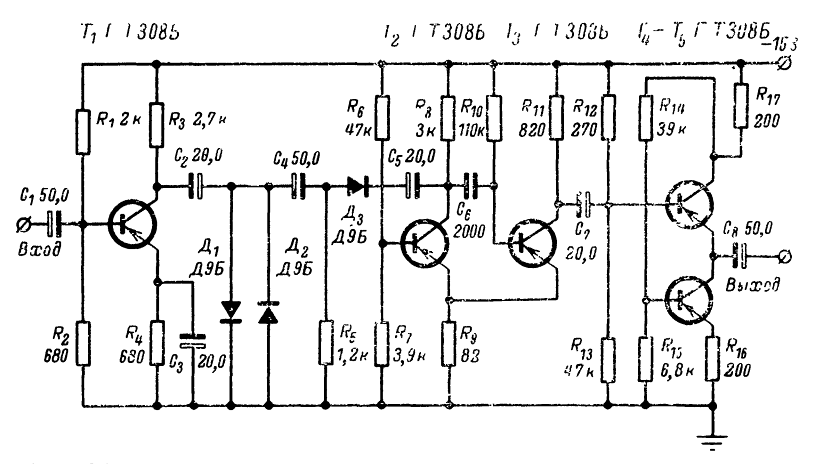


Рис. 25. Принципиальная схема устройства для формирования импульсов датчика оборотов.

размещенного на диске (рис. 24,*а*). Во время вращения диска перед рабочим зазором магнитной головки периодически появляется магнит и индуцирует в ней импульсный сигнал, поступающий на вход формирующего устройства (рис. 25). После усиления транзистором T_1 сигнал ограничивается диодами $Д_1$ и $Д_2$, дифференцируется цепочкой C_4R_5 и через диод $Д_3$ запускает ждущий мультивибратор (T_2 и T_3). Выходные импульсы мультивибратора через согласующий усилитель (T_4 и T_5) поступают на выход схемы.

В качестве датчика оборотов может быть использован фотодиод (фототранзистор), который освещается через прорезь во вращающемся диске (рис. 24,*б*). Схема усилителя сигнала фотодатчика еще проще. Выходной сигнал датчика имеет большой размах, благодаря чему он может формироваться непосредственно триггером Шмитта.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

КАНАЛЫ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

9. Запись видеосигналов с частотной модуляцией

Как указывалось ранее, перед записью видеосигнал преобразуется в ЧМ-колебания. Параметры частотной модуляции для видеозаписи несколько отличаются от обычно используемых в радиосвязи. Эти отличия вызываются прежде всего необходимостью снижения частоты несущей и трудностями записи верхней боковой полосы спектра ЧМ-колебаний.

В простейшем случае модуляции несущей ω_0 синусоидальным сигналом с частотой Ω частотно-модулированное колебание может быть записано следующим образом:

$$f(t) = N_0 \cos [\omega_0 t + \beta \sin (\Omega t + \varphi)],$$

где $\beta = \Delta\omega/\Omega$ — индекс ЧМ-модуляции;
$\Delta\omega$ — девиация;
Ω — частота модулирующего сигнала;
N_0 — постоянная амплитуда сигнала;
φ — фазовый угол.

Спектр ЧМ-колебания будет иметь большое число боковых составляющих, разделенных интервалом Ω. Однако на практике следует учитывать только часть из них, так как амплитуды составляющих резко уменьшаются при увеличении их порядкового номера m и уменьшении индекса модуляции β. Это наглядно видно из кривой, приведенной на рис. 26, показывающей зависимость числа пар боковых составляющих n, относительная величина которых превышает 1% амплитуды несущей. В этом случае ширина спектра ЧМ-сигнала равна $2n\Omega$, т. е. спектр получается сравнительно узким. Однако даже при малом индексе модуляции, когда $\beta \ll 1$ (узкополосная ЧМ) величина n всегда больше единицы, т. е. ширина спектра для ЧМ-сигнала не может быть меньше, чем для АМ-сигнала (прямая при $n = 1$ на рис. 26). При индексе модуляции $\beta \ll 1$ (широкополосная ЧМ) кривая асимптотически приближается к прямой $n = \beta$ и величина n равна:

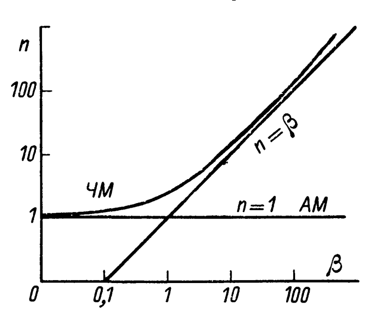


Рис. 26. Зависимсcть числа пар n боковых составляющих, относительная величина которых превышает 0,01.

$$n = \beta + 1.$$

Таким образом, ширина спектра при большом индексе модуляции становится примерно равной размаху модуляции $2\beta\Omega = 2\Delta\omega$, т. е. спектр становится значительно шире.

Видеосигнал, модулирующий несущую в видеомагнитофоне, представляет собой сложную функцию, энергетический спектр ко-

торой (рис. 27) имеет параболическую форму. Составляющие спектра убывают к высоким частотам и кратны строчной частоте видеосигнала. Нахождение спектра ЧМ-сигнала при модуляции несущей видеосигналом в общем виде затруднительно и возможно только

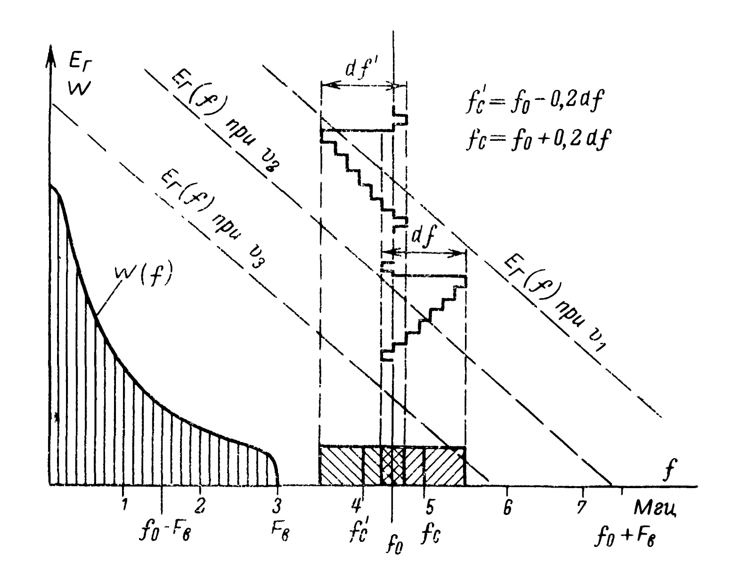


Рис. 27. Выбор расстановки частот при записи черно-белого телевизионного сигнала с частотной модуляцией вверх и вниз.

df; df' — девиация частоты при модуляции вверх и вниз; $E(f)$ — зависимость отдачи головки от частоты при различных скоростях записи-воспроизведения; f_0; $f_0 + F_в$; $f_0 - F_в$ — несущая и боковые полосы; f_c; f_c' — средняя частота девиации при модуляции вверх и вниз; $W(f)$ — энергетический спектр записываемого телевизионного сигнала, составляющие которого кратны строчной частоте.

с помощью ЭВМ. Для упрощения расчетов применяют метод мгновенных спектров. Тогда спектр ЧМ-сигнала может быть записан в виде

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\, e^{-j\omega t} dt,$$

где $f(t) = U_0 \sin\left[\omega_0 t + \beta \int_0^t F(\tau)\, d\tau\right]$;

$F(\tau)$ — видеосигнал.

Отсюда ЧМ-сигнал $f(t)$ в упрощенной форме может быть найден как

$$f(t) \approx U_0 \left\{ \sin \omega_0 t + \frac{\beta}{2} [\sin(\omega_0 + \Omega) t - \sin(\omega_0 - \Omega) t] \right\}.$$

Таким образом, ЧМ-сигнал состоит из трех составляющих: несущей, равной — $U_0 \sin \omega_0 t$;

верхней боковой — $U_0 \frac{\beta}{2} \sin(\omega_0 + \Omega) t$;

нижней боковой — $U_0 \frac{\beta}{2} \sin(\omega_0 - \Omega) t$.

Так же, как и в случае модуляции простым синусоидальным сигналом, величина боковых составляющих зависит от индекса модуляции β и модулирующей частоты Ω. Однако видеосигнал содержит широкий спектр частот, поэтому для каждой из них будет свой индекс модуляции и свое положение боковых частот в ЧМ-спектре.

Для нижней модулирующей частоты $\Omega_н$ боковые составляющие будут расположены около несущей, а индекс модуляции $\beta \gg 1$. Для верхней модулирующей частоты $\Omega_в$ боковые составляющие будут значительно отстоять от несущей, а индекс модуляции $\beta < 1$. В идеальном случае видеомагнитофон должен записывать и воспроизводить верхнюю и нижнюю боковые полосы (рис. 27). Например, если бы нужно было записывать $F_в = \Omega_в / 2\pi = 3$ *Мгц*, а несущая была бы выбрана на частоте $f_в = \omega_в / 2\pi = 4{,}5$ *Мгц*, то на ленту пришлось бы записывать по меньшей мере

$$f_в = f_0 + F_в = 7{,}5 \text{ Мгц}.$$

Это очень нерационально, так как верхняя часть видеосигнала равна всего 3 *Мгц*, а приходится записывать 7,5 *Мгц*, что потребует в 2,5 раза более высокой скорости. Поэтому обычно выбирают несущую возможно ближе к верхней модулирующей частоте и записывают только часть верхней боковой полосы. При этом необходимо выполнить условие

$$F_в < f_{ср} \pm \frac{\Delta f}{2} < f_в,$$

где Δf — девиация несущей частоты;

$f_{ср}$ — частота, соответствующая середине полосы девиации при ЧМ (рис. 27).

В зависимости от выбора направления изменения частоты при модуляции и при привязке частоты несущей к уровню гасящих импульсов получим:

$$f_{ср} = f_0 \pm 0{,}2 \Delta f.$$

Знак плюс соответствует увеличению несущей частоты при появлении уровня белого в видеосигнале, а знак минус ее уменьшению. Если в ЧМ-канале видеомагнитофона будет записываться слишком низкая частота $f_в$, то вышеприведенное неравенство не будет выполняться справа. В этом случае на изображении появится значительный шум и в зависимости от закона модуляции либо на белых участках изображения возникнут черные полоски (перемодуляция),

либо наступит срыв синхронизации, так как частота, соответствующая синхроимпульсам, не будет воспроизводиться. Чтобы избежать указанного явления, необходимо снижать частоту несущей f_0 и уменьшать девиацию Δf. Однако уменьшение девиации означает уменьшение полезного сигнала и отношения сигнал/шум воспроизводимого изображения. Снижение же несущей приводит к невыполнению неравенства слева. Это вызывает перекрытие спектров ЧМ-сигнала и модулирующего видеосигнала, что приведет к появлению мешающего муара на изображении. Устранить или, по крайней мере, уменьшить муар можно путем снижения верхней частоты $F_в$ спектра видеосигнала, что, конечно, снижает четкость изображения. Величина искажений, возникающих при ограничении верхней боковой частоты, определяется по коэффициенту асимметрии системы $K_а$, равному

$$K_а = \frac{F_в}{f_в - f_0 \mp 0,2\Delta f}.$$

Чем меньше $K_а$ и ближе к единице, тем меньшие искажения возникают в воспроизводимом изображении, но тем большую частоту приходится записывать на ленту. Неизбежное расширение полосы частот ЧМ-канала записи-воспроизведения по сравнению с полосой частот воспроизводимого видеосигнала оценивается коэффициентом увеличения высшей частоты

$$K_ч = \frac{f_0}{F_в} \pm \frac{0,2\Delta f}{F_в} + \frac{1}{K_а}.$$

Чем меньше коэффициент $K_ч$, тем рациональнее выбраны параметры частотной модуляции и проще записать ЧМ-сигналы на магнитную ленту. Обычно выбирают $K_а = 2 \div 2,5$, так как при большей величине $K_а$ искажения становятся недопустимыми. Подсчитаем $K_ч$ для рассмотренного ранее примера, считая, что девиация несущей $\Delta f = 1$ *Мгц*, модуляция несущей при появлении белого уровня происходит вниз, а верхняя частота, записываемая на ленту, $f_в = 5,5$ *Мгц*. Находим коэффициент асимметрии системы

$$K_а = \frac{3}{5,5 - 4,5 + 0,2} = 2,5.$$

Затем коэффициент увеличения частоты

$$K_ч = \frac{4,5}{3} + \frac{0,2}{3} + \frac{1}{2,5} = 1,97.$$

В то же время ранее при записи верхней боковой частоты и той же девиации было получено:

$$K_а = \frac{3}{7,5 - 4,5 + 0,2} = 0,94;$$

$$K_ч = \frac{4,5}{3} + \frac{0,2}{3} + \frac{1}{0,94} = 2,6.$$

Таким образом, ограничение верхней боковой полосы в допустимых пределах привело к сокращению полосы записывающих на ленту частот на 2 *Мгц*, а коэффициент увеличения частоты сни-

зился с 2,6 до 1,97, что свидетельствует о более рациональном построении канала записи-воспроизведения видеомагнитофона. Введение асимметрии в спектр ЧМ-сигнала позволяет записывать и воспроизводить телевизионные изображения с большей четкостью при меньшем расходе ленты и меньших габаритах лентопротяжного механизма. Вместе с тем при записи и воспроизведении ЧМ-спектра важно сохранить соотношение между амплитудами его составляющих. Неравномерность сквозной частотной характеристики нарушает это условие, и на выходе видеомагнитофона возникают искажения типа дифференциального усиления и дифференциальной фазы [1]. Эти искажения приводят к тому, что в зависимости от яркости изображения меняется его четкость и возникают повторы после яркостных переходов.

Если предположить, что ЧМ-сигнал передается только нижней боковой полосой, то

$$\partial U_0 = 1 - \frac{U_{0б}}{U_{0ч}};$$

$$\partial\varphi_0 = \Delta\varphi_б - \Delta\varphi_ч,$$

где ∂U_0 — величина дифференциального усиления;
$\partial\varphi_0$ — величина дифференциально-фазовых искажений;
$U_{0б}$ — амплитуда несущей, соответствующая уровню белого;
$U_{0ч}$ — амплитуда несущей, соответствующая уровню черного;
$\Delta\varphi_б$ — фазовый сдвиг составляющей ЧМ-сигнала, соответствующей уровню белого;
$\Delta\varphi_ч$ — фазовый сдвиг составляющей ЧМ-сигнала, соответствующий уровню черного.

Для уменьшения дифференциальных искажений в ЧМ-канале стремятся скорректировать неравномерность сквозной частотной характеристики системы лента — головка и добиться идеальной фазовой характеристики усилителей записи и воспроизведения. С этой целью иногда в канал воспроизведения вводят специальные фазокорректирующие фильтры, которые значительно улучшают переходную характеристику видеосигнала, уменьшают повторы и повышают четкость изображения (см. также § 11 и 12).

Хотя нормы на дифференциальные искажения для бытовых видеомагнитофонов пока не установлены, но практически суммарная величина $\partial U_0 < 40\%$ и $\partial\varphi < 40°$ может считаться приемлемой.

10. Модуляторы и демодуляторы

В видеомагнитофонах применяют два способа получения ЧМ-сигналов: модуляцию без переноса спектра и модуляцию с переносом спектра частот. Первый способ осуществляется с помощью управляемого мультивибратора (рис. 28). Телевизионный сигнал через эмиттерный повторитель поступает на вход мультивибратора и изменяет частоту колебаний последнего. С выхода мультивибратора снимаются прямоугольные импульсы, модулированные по частоте. Этот способ очень прост и употребляется в более простых бытовых ви-

[1] Смотри, например, М. И. Кривошеев, «Основы телевизионных измерений», изд-во «Связь», 1964, стр. 396—398.

деомагнитофонах. Однако модуляционная характеристика такого модулятора имеет значительную нелинейность, а модулирующий сигнал легко проходит на выход модулятора, т. е. в ЧМ-канал, и вызывает биения и помехи.

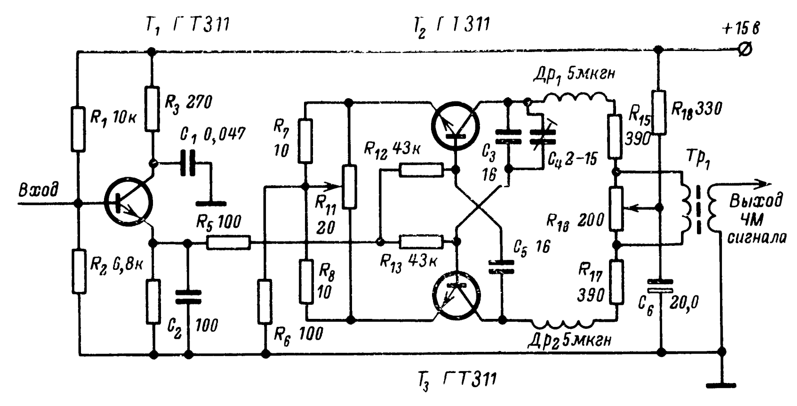


Рис. 28. Принципиальная схема частотного модулятора на мультивибраторе.

От указанных недостатков свободен модулятор с переносом спектра, который бывает двух типов: с одним ЧМ-генератором и вспомогательным генератором и с двумя ЧМ-генераторами.

В модуляторе первого типа (рис. 29) видеосигнал модулирует частоту высокочастотного генератора *ВГ*, частоту которого выбирают в 5—15 раз больше верхней частоты видеосигнала. Это позволяет отфильтровать составляющие модулирующего видеосигнала от ЧМ-сигнала на выходе модулятора. Для переноса спектра ЧМ-сигнала в записываемый диапазон частот ЧМ-сигнал смешивается в смесителе *См* с сигналом вспомогательного гетеродина *Гт* и полученная разностная частота записывается на ленту. В качестве реактивных элементов контура ЧМ-генератора обычно применяют варикапы. При этом возникает некоторая нелинейность модуляционной характеристики, которая компенсируется гамма-корректором *ГК*. Очень важно получить высокую стабильность генераторов. Это достигается выполнением ЧМ-генератора и гетеродина *Гт* по одинаковой схеме, температурной стабилизацией схем и выбором возможно более низкой частоты генераторов. Для улучшения условий отфильтровывания ЧМ-сигнала от видеосигнала и сигнала гете-

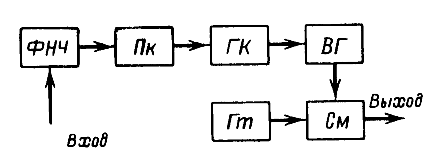


Рис. 29. Структурная схема частотного модулятора с переносом спектра.

ФНЧ — входной фильтр нижних частот; *Пк* — предокорректор; *ГК* — гамма корректор; *ВГ* — высокочастотный ЧМ-генератор; *См* — смеситель; *Гт* — гетеродин.

родина смеситель выполняют по кольцевой схеме, а на входе включается фильтр нижних частот *ФНЧ*, ограничивающий полосу записываемых частот. Предкорректор *ПК* повышает уровень верхних частот в модулирующем сигнале, что приводит к улучшению отношения сигнал/шум видеосигнала на выходе видеомагнитофона.

Нелинейность модуляционной характеристики можно свести к минимуму, если применить второй тип модулятора, т. е. с двумя ЧМ-генераторами, которые модулируют противофазно. На рис. 30 приведена структурная схема, а на рис. 31 — упрощенная принципиальная схема такого модулятора.

На входе модулятора имеется регулятор уровня девиации R_1, обычно устанавливаемый на передней панели видеомагнитофона. Схема фиксации несущей частоты собрана на транзисторе T_1 и диоде $Д_2$. Зарядное сопротивление цепи фиксации низкое (~75 *ом*), а разрядное — высокое (10 *ком*), определяемое входным сопротивлением ограничителя уровня белого (T_2 и $Д_4$), введенного в схему для предотвращения перемодуляции. Уровень ограничения определяется высшей границей девиации частоты, крутизной модуляционной характеристики и начальным смещением варикапов. Генераторы выполнены на транзисторах T_3 и T_4 по схеме емкостной трехточки. Их контуры перестраиваются варикапами $Д_4$ и $Д_9$. Для уменьшения высших гармоник и ликвидации остатков паразитной амплитудной модуляции генераторы работают в режиме А и их сигналы перед подачей на смеситель ограничиваются диодами. Нагрузкой смесителя (кольцевого типа на диодах $Д_{12}$—$Д_{15}$) служит фильтр, удаляющий из спектра ЧМ-сигнала нежелательные составляющие. Рассмотренная схема модулятора вырабатывает ЧМ-сигнал в диапазоне от 0,5 до 5 *Мгц* и имеет низкий уровень второй гармоники (не более 40 *дб*), что способствует значительному снижению муара в воспроизводимом изображении.

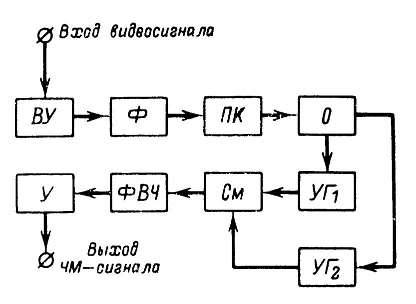


Рис. 30. Структурная схема модулятора с двумя ЧМ-генераторами.

ВУ — видеоусилитель; *Ф* — фильтр; *ПК* — предкорректор; *О* — ограничитель; *УГ* — управляемый генератор; *См* — смеситель; *ФВЧ* — фильтр высоких частот; *У* — усилитель.

Для выделения видеосигнала при воспроизведении применяют демодуляторы, в которых, как правило, используют схему без переноса спектра частот. Воспроизводимый сигнал предварительно ограничивается, а затем поступает на частотный дискриминатор (рис. 32). Ограничение воспроизводимого сигнала (примерно 45—50 *дб*) необходимо для уменьшения паразитной амплитудной модуляции и восстановления верхней боковой полосы спектра ЧМ-сигнала. Применяются ограничители нескольких типов: с помощью ведомого мультивибратора; на транзисторно-диодных ячейках симметричного типа; на транзисторно-диодных ячейках двухтактного типа.

Наиболее прост ограничитель на мультивибраторе. Его важное достоинство состоит в том, что при длительном выпадении воспроизводимого сигнала (например, в одноголовочном видеомагнитофоне

Рис. 31. Принципиальная схема модулятора с двумя ЧМ-генераторами.

(T_1 — T_4 — ГТ311И; $Д_1$, $Д_3$ — Д814А; $Д_2$, $Д_6$, $Д_7$, $Д_8$, $Д_{10}$, $Д_{11}$ — КД503; $Д_4$, $Д_9$ — Д901Г; $Д_5$ — Д814Б; $Д_{12}$ — $Д_{15}$ — Д311; $Др_1$, $Др_4$ — 8 *мкгн*; $Др_2$, $Др_7$ — 10 *мкгн*; $Др_3$, $Др_8$ — 16 *мкгн*; $Др_5$, $Др_6$ — 30 *мкгн*).

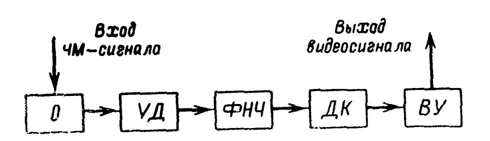


Рис. 32. Блок-схема демодулятора ЧМ-сигнала.

О — ограничитель; *ЧД* — частотный дискриминатор; *ФНЧ* — фильтр нижних частот; *Дк* — декорректор; *ВУ* — входной видеоусилитель.

с омегаобразной петлей) на выходе ограничителя возникает сигнал, соответствующий собственным колебаниям мультивибратора, в то время как в других ограничителях происходит резкое увеличение уровня шумовой помехи.

Вместе с тем ограничитель на мультивибраторе не позволяет получить хорошую симметрию при ограничении и имеет спадающую

к высоким частотам частотную характеристику. Лучшие результаты получаются с ограничителем на транзисторно-диодных ячейках, схема которого приведена на рис. 33. Она состоит из каскодного усилителя на транзисторах T_1 и T_2, на выходе которого включена пара диодов $Д_1$ и $Д_2$. Частотная характеристика одиночной ячейки должна быть от 0,5 до 20 *Мгц* и выше. Включая последовательно 4—6 ячеек, можно добиться ограничения до 60 *дб* при полосе частот от 0,5 до 8—10 *Мгц*.

Недостаток подобного ограничителя — при неидентичности диодов возможно появление четных гармоник ЧМ-сигнала. В полупрофессиональных видеомагнитофонах ограничитель выполняют по двухтактной схеме на одинаковых ячейках и предусматривают регуляторы для балансировки схемы для компенсации четных гармоник.

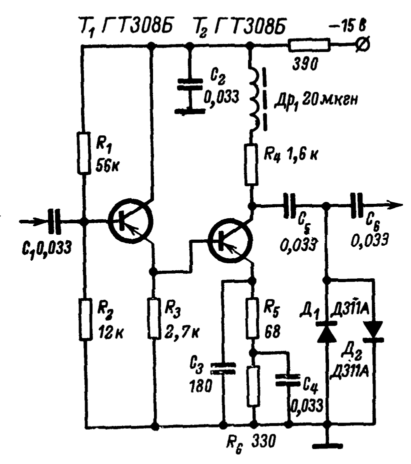


Рис. 33. Принципиальная схема транзисторно-диодной ячейки ограничителя.

После ограничения ЧМ-сигнал подается на частотный дискриминатор, схема которого может быть различной. Если спектры ЧМ-сигнала и видеосигнала не перекрываются, можно использовать простую несимметричную схему дискриминатора на туннельных диодах (рис. 34); ЧМ-сигнал поступает на два канала, причем в одном из них он задерживается кабелем задержки на время $\tau_з$ ($\tau_з$ выбирают в зависимости от частоты несущей ЧМ-сигнала, например $\tau_з = 0{,}083$ *мксек* для несущей 4,5 *Мгц*). Сигналы в обоих каналах формируются в прямоугольные импульсы (транзисторы T_2, T_3 и туннельные диоды $Д_1$, $Д_2$) и поступают на конъюнктор (туннельный диод $Д_3$). Постоянная составляющая на выходе конъюнктора находится в линейной зависимости от частоты исходного сигнала. Она выделяется двухзвенным фильтром нижних частот. Фильтр должен иметь малую нелинейность фазовой характеристики ($\pm 5\%$ в полосе частот 0,9 f среза) и затухание за полосой прозрачности не менее 36—40 *дб*, иначе в спектре видеосигнала появятся дополнительные частоты, что приведет к появлению муара. Основные недостатки рассмотренного демодулятора — изменение уровня сигнала в период прохождения кадровой группы и прохождение ЧМ-сигнала в видеоканал.

Лучшие результаты дают частотные (симметричные, балансные или кольцевые) дискриминаторы (рис. 35) с удвоением частоты. В них первые гармоники ЧМ-спектра теоретически отсутствуют в видеосигнале. На практике их уровень тем ниже, чем лучше симметрия схемы (транзисторы T_2, T_3), лучше выполнен монтаж (дискриминатор должен быть тщательно заэкранирован и монтаж должен выполняться симметрично) и чем симметричнее ограниченный

ЧМ-сигнал. Затухание фильтра в таком дискриминаторе должно быстро увеличиваться, начиная с верхней частоты видеосигнала, а требование к линейности фазовой характеристики еще выше. По-

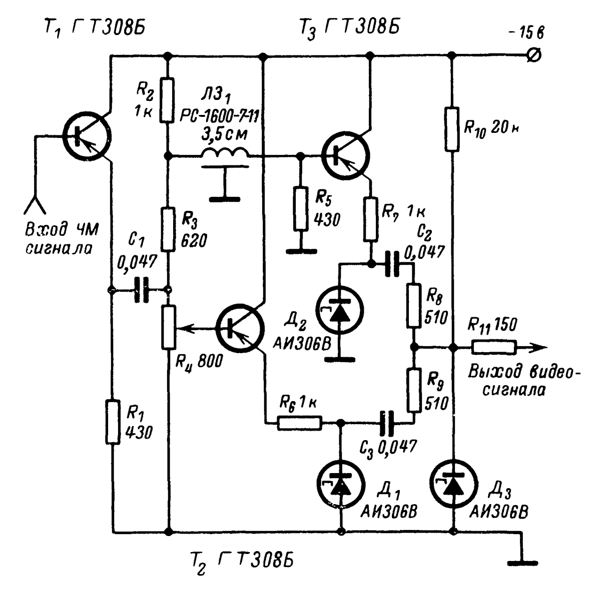


Рис. 34. Принципиальная схема частотного дискриминатора на туннельных диодах.

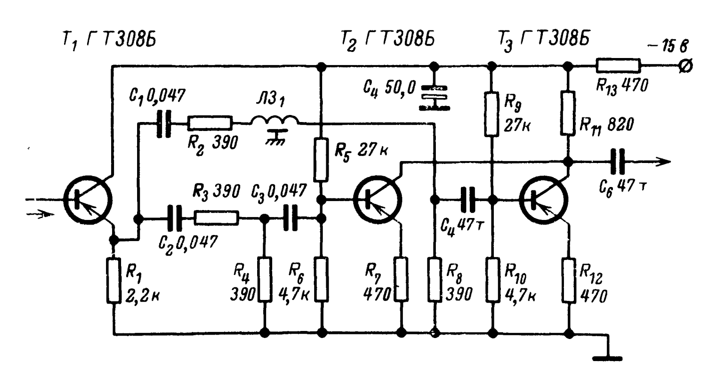


Рис. 35. Принципиальная схема частотного дискриминатора симметричного типа.

сле фильтра видеосигнал поступает на видеоусилитель с непосредственной связью и комбинированной обратной связью по постоянному и переменному току. В видеоусилителе обычно предусматри-

вают цепь коррекции (обратная, комплексно сопряженная с цепью предыскажений в модуляторе) и резисторы для регулирования частотной характеристики и выходного уровня. Цепь после коррекции выравнивает частотную характеристику и понижает спектр шумов в выходном сигнале. На выходе демодулятора при воспроизведении вырабатывается видеосигнал, в котором имеются шумы и помехи, возникающие в процессе магнитной записи и воспроизведения, а также длительное выпадение (при записи одной вращающейся головкой) или наложение сигнала от двух вращающихся головок. Эти помехи могут вызвать сбой синхронизации или искажения растра изображения в телевизоре, которые устраняются специальной системой обработки выходного сигнала, описанной в § 13.

11. Усилители записи ЧМ-сигнала

Частотно-модулированный сигнал при записи усиливается усилителем, нагруженным на магнитную головку. При этом ток в записывающей головке должен быть близок к оптимальному и мало изменяться в рабочем диапазоне частот. Для головок с металлическими полюсными наконечниками оптимальный ток записи колеблется от 15 до 30 *ма*, а для полностью ферритовых головок — от 8 до 15 *ма*.

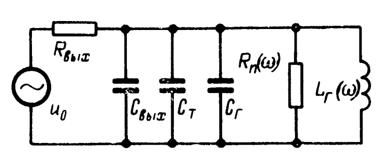


Рис. 36. Эквивалентная схема выходной цепи усилителя записи с головкой.

(R и $C_{вых}$ — выходное сопротивление и емкость усилителя, $C_т$ и $C_г$ — емкость токосъемника и головки; $R_п(\omega)$ и $L_г(\omega)$ — сопротивление потерь головки и ее индуктивность).

Способы линеаризации тока записи в головке, применяемые в обычных магнитофонах[1], здесь малопригодны, так как они требуют большого запаса мощности выходного каскада. Поэтому в видеомагнитофонах применяют усилители записи с высоким выходным общим сопротивлением и коррекцией посредством обратной связи, зависимой от нагрузки, или усилители записи с низким выходным общим сопротивлением.

На рис. 36 приведена эквивалентная схема выходной цепи усилителя записи с головкой. Ток в головке на высоких частотах равен:

$$I_г = \frac{u(\omega)}{z_г(\omega)\sqrt{(1-q^2)^2 + \frac{q^2}{Q^2}}},$$

где $q = \omega/\omega_р$ — коэффициент, учитывающий отклонение текущей частоты от частоты собственного резонанса;

$Q = \rho/R(\omega)$ — добротность головки;

$R(\omega)$ — сопротивление потерь головки;

$Z_г(\omega)$ — общее сопротивление головки.

[1] Подробней смотрите: Корольков В. Г., Лишин Л. Г., МРБ, вып. 655, Электрические схемы магнитофонов, изд-во «Энергия», 1967.

Чтобы стабилизировать ток, напряжение на головке меняют пропорционально изменению знаменателя. Для этого усилитель охватывают обратной связью, глубина которой зависит от общего сопротивления нагрузки.

Основной недостаток усилителей с обратной связью — это зависимость частотной характеристики от нагрузки и наличие резонанса выходной цепи, вносящего фазовые искажения в ЧМ-сигнал. От этих

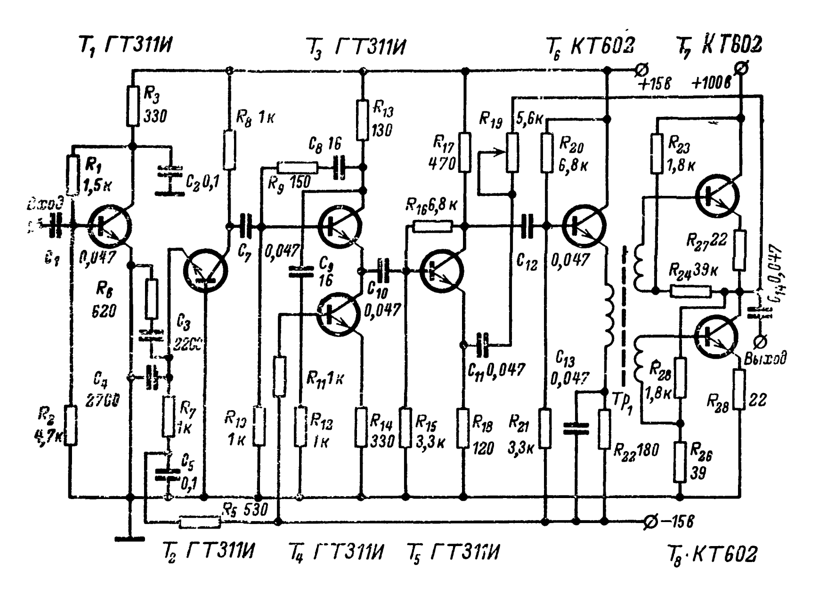


Рис. 37. Принципиальная схема усилителя записи с низким выходным сопротивлением.

недостатков свободен усилитель с низким выходным сопротивлением, у которого

$$R_{вых}(\omega) \ll Z_г(\omega).$$

Частотная характеристика выходного каскада такого усилителя не имеет резонансного подъема, и подключение головок с различной индуктивностью на нем мало сказывается. Ток в головке падает обратно пропорционально частоте из-за роста $Z_г(\omega)$. Чтобы этого избежать, предусматривают корректор, компенсирующий спад частотной характеристики тока записи. В схеме на рис. 37 он выполнен на транзисторе T_2, включенном по схеме с общей базой, и корректирующей цепи R_6, C_3, C_4. Сигнал от модулятора вначале корректируется, а затем подается на предоконечный усилитель (T_5, T_6). Для развязки корректора и выходного каскада между ними включен каскад с динамической нагрузкой (T_3, T_4). Выходной каскад (T_7 и T_8) выполнен по схеме несимметричного двухтактного усилителя на высокочастотных транзисторах. Выходная и монтажная емкости мало сказываются на частотной характеристике усилителя

благодаря тому, что $R_{вых}$ каскада мало. Транзисторы следует выбирать с большим рабочим напряжением (до 100 *в*), так как на высоких частотах напряжение на головке должно составлять 30—50 *в*.

Рассмотренный усилитель дает ток записи до 30 *ма* в головках с металлическими полюсными наконечниками в диапазоне частот от 0,5 до 8 *Мгц* при малом уровне нелинейных искажений. Конструкция усилителя выполнена так, чтобы его можно было разместить под лентопротяжным механизмом возможно ближе к блоку видеоголовки. Для подключения головки к усилителю записи или к усилителю воспроизведения используют реле с малой емкостью между контактами и с малой емкостью контактов на корпус. Выходные транзисторы помещены на радиаторы, а весь усилитель тщательно экранирован, чтобы он не создавал помех другим электронным блокам видеомагнитофона.

12. Усилители воспроизведения ЧМ-сигнала

Обычно канал воспроизведения видеомагнитофона состоит из предварительного и оконечного усилителей. Первый из них, как правило, выполняют малогабаритным, располагая рядом с головкой. Второй — оконечный, в основном предназначен для коррекции неравномерности частотной характеристики и разброса параметров магнитной головки.

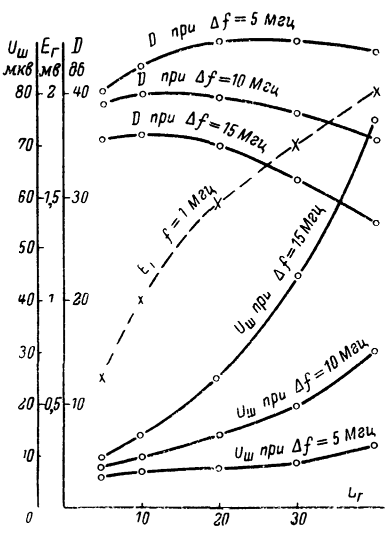


Рис. 38. Зависимость э. д. с. головки, шума усилителя и отношения сигнал/шум от индуктивности головки (для транзистора ГТ311И $f = 1$ *Мгц* при скорости $v_г = 20$ *м/сек*).

Величина и частотный спектр воспроизводимого ЧМ-сигнала в значительной степени определяют качество телевизионного изображения. При воспроизведении к полезному сигналу добавляют не только помехи из-за переменного контакта ленты с головкой, но и внешние электромагнитные помехи и искажения, вызываемые неравномерностью движения ленты и вращения головки, а также собственные шумы магнитной головки, ленты и усилителя. Из всех видов перечисленных помех наибольшее значение имеет помеха, вызываемая собственным шумом первого каскада усилителя воспроизведения. В бытовых видеомагнитофонах в этих каскадах обычно применяют малошумящие высокочастотные транзисторы (ГТ311, ГТ308 и др.). Рабочий режим и температурную стабилизацию транзисторов выби-

рают в соответствии с общими рекомендациями по построению схем малошумящих высокочастотных усилителей.

Однако параметры головки, включаемой на вход транзисторного усилителя, весьма значительно влияют на его шум, так как шум транзистора зависит от активной и реактивной составляющих общего сопротивления источника сигнала. Вследствие того что индуктивность и сопротивление потерь головки меняются с частотой, интегральный шум транзистора возрастает с увеличением числа витков в обмотке головки сильнее, чем растет ее э. д. с. (рис. 38). Таким образом, существует оптимальное значение индуктивности головки $L_{\text{опт}}$, при котором отношение сигнал/шум в канале воспроизведения D получается наилучшим. Оптимальная индуктивность зависит от параметров входного транзистора и рабочего диапазона частот канала воспроизведения. Чем шире диапазон воспроизводимых частот, тем меньше должна быть индуктивность головки.

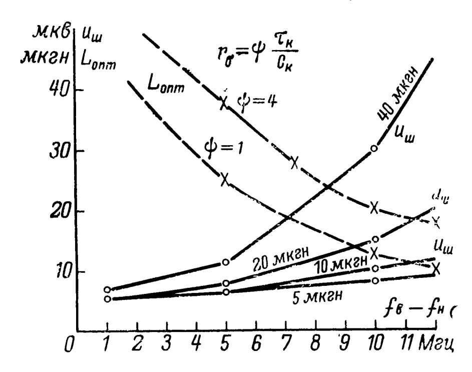


Рис. 39. Зависимость интегрального шума усилителя и оптимальной индуктивности головки от рабочего диапазона частот канала воспроизведения

Расчет оптимальной индуктивности довольно сложен, поэтому при выборе головок следует пользоваться графиком, приведенным на рис. 39. По выбранной индуктивности можно найти приведенное ко входу усилителя значение интегрального шума в рабочей полосе частот канала воспроизведения. Для облегчения вычислений на рис. 38 также приведены расчетные значения собственных шумов усилителя, выполненного на транзисторе ГТ311 и с магнитной головкой на входе, для различных рабочих диапазонов частот. По величине индуктивности можно найти примерное значение шума усилителя. При применении других типов транзисторов уровень шума может заметно отличаться от приведенного на графике.

Выше указывалось, что частотная характеристика имеет большую неравномерность (рис 4), которая может быть в значительной мере скомпенсирована. С этой целью ток записи выбирают оптимальным на несущей частоте, что несколько снижает э. д. с. головки на нижних частотах рабочего диапазона и делает характеристику более равномерной Кроме того, в схему усилителя воспроизведения вводят корректор с регулируемой характеристикой. Нако-

нец, головку и входную цепь усилителя настраивают в резонанс на верхнюю частоту рабочего диапазона, что увеличивает э. д. с. головки на высокой частоте. Добротность Q выходной цепи обычно выбирают в пределах от 3 до 6. При выборе добротности и частоты резонанса входной цепи следует стремиться к тому, чтобы отношения сигнала на несущей D_0 и сигнала на верхней воспроизводимой частоте к шуму $D_в$ были примерно одинаковыми, что обусловит наименьшие дифференциальные искажения и наилучшее качество изображения.

Величины D_0 и $D_в$ могут быть найдены по упрощенным формулам при условии, что собственный шум головки значительно меньше шума усилителя:

$$D_0 = \frac{e_0}{\sqrt{\left[(1-q^2)^2 + \frac{q^2}{Q^2}\right]} u_ш};$$

$$D_в = e_в Q / u_ш,$$

где

$e_в$ — э. д. с. головки на частоте $f_в$;

e_0 — э. д. с. головки на частоте несущей.

По графику, приведенному на рис. 39, для $L_{опт} = 20$ *мкгн* и $f_в - f_н = 7$ *Мгц* определяем $u_ш = 10$ *мкв*. Затем по графику на рис. 40 находим значение э. д. с. головки на частоте $f_0 = 4{,}5$ *Мгц*, $e_0 = 200$ *мкв* и на частотах $f_в = 5{,}5$ *Мгц* $e_в = 100$ *мкв* и $f'_в = 7{,}5$ *Мгц* $e'_в$ меньше 10 *мкв* для скорости $v_г = 17$ *м/сек*. Легко видеть, что на этой скорости сигнал с частотой 7,5 *Мгц* головкой практически не воспроизводится и для записи обеих боковых полос приходится скорость увеличивать. Если же использовать запись ЧМ-сигнала с асимметрией боковых полос и выбрать $K_а = 2{,}5$ и $Q = 5$, то получим:

$$f_р = f_в = 5{,}5 \text{ Мгц}; \; q = \frac{f_0}{f_р} = \frac{4{,}5}{5{,}5} = 0{,}81; \; q^2 = 0{,}66;$$

$$D_0 = \frac{200}{\left[(1-0{,}66)^2 + \frac{0{,}66}{25}\right]^{\frac{1}{2}} \cdot 10} = 53{,}2;$$

$$D_в = \frac{100 \cdot 5}{10} = 50.$$

Таким образом, путем использования резонансной коррекции удается почти с одинаковым отношением сигнал/шум воспроизвести как частоту несущей, так и верхнюю часть спектра ЧМ-сигнала. Пользуясь приближенной формулой, неучитывающей предыскажения видеосигнала и заметность шумов на изображении, найдем отношение сигнал/шум видеоканала $\xi_в$:

$$\xi_в = 4{,}91 \left(1 + \frac{1}{K_а^3}\right)^{-\frac{1}{2}} \frac{\Delta f}{F_в} D_0 =$$

$$= 4{,}91 \left(1 + \frac{1}{2{,}5^3}\right)^{-\frac{1}{2}} \frac{1}{3} 53{,}2 = 85{,}8 \; (38{,}6 \; дб).$$

Такое $\xi_в$ можно считать минимально допустимым для воспроизводимого изображения. Фактически $\xi_в$ получается несколько лучше, так как при практической настройке видеомагнитофона стремятся максимально увеличивать девиацию Δf до тех пор, пока не становится заметен муар (см. § 9). Качество изображения также заметно повышается при увеличении предыскажений высоких частот в модуляторе (см. § 10). При их выборе приходится идти на компромисс между шумом и повторами на изображении. Подводя итог изложенному, приходим к выводу, что скорость головка/лента непосредственно связана с характеристиками применяемой магнитной головки и ленты, а все эти параметры в совокупности определяют качество изображения, воспроизводимого видеомагнитофоном.

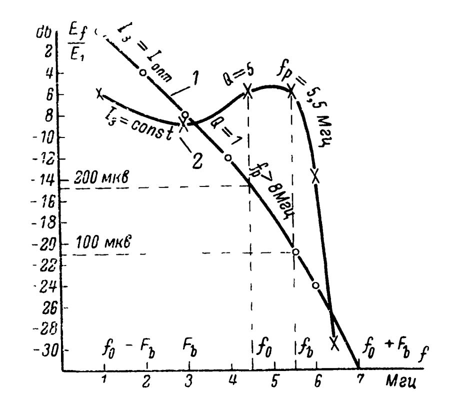


Рис. 40. Сквозная частотная характеристика с учетом резонанса $f_р$ при правильном выборе положения резонанса и добротности входной цепи для головки с металлическими полюсными наконечниками ($f_1 = 1$ *Мгц*, $e_1 = 1$ *мв* (действ.) при $I_з = I_{опт}$.

$Q = 5$; $f_в = f_р$; $K_а = 2{,}5$.

(*1* — частотная характеристика при оптимальных токах записи для каждой частоты, *2* — частотная характеристика при постоянном токе, оптимальном для f_0 и при резонансе входной цепи).

При воспроизведении магнитная головка подключается к предварительному усилителю воспроизведения, который помещается в непосредственной близости от головки и токосъемника. Это вызвано желанием максимально уменьшить емкость входной цепи усилителя и наводки на нее. Схема одного из вариантов предварительного усилителя, выполненного на двух транзисторах, приведена на рис. 41, *а*.

Сигнал от головки поступает на базу транзистора T_1 через токосъемник и реле, отключающее усилитель записи. Комбинация транзисторов T_1 и T_2 представляет собой двухкаскадный усилитель,

охваченный обратной связью с коллектора транзистора T_2 на эмиттер транзистора T_1. Так как проводимости транзисторов чередуются, то последовательная обратная связь — отрицательная по напряжению. Она стабилизирует и несколько уменьшает коэффициент усиления по напряжению, но усиление по току практически не изменяется. Кроме того, обратная связь снижает входную динамическую емкость каскада. Для настройки резонанса входной цепи усилителя

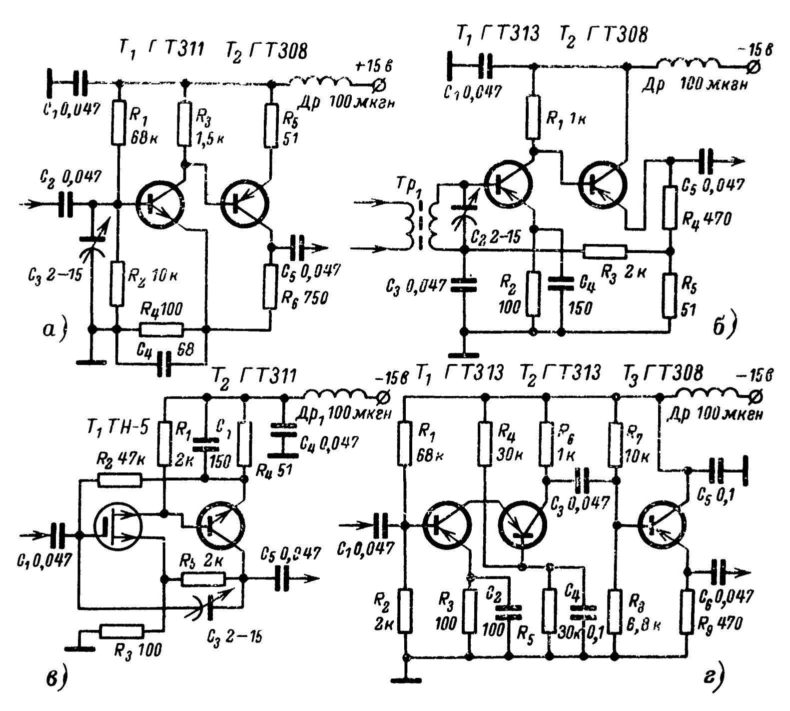


Рис. 41. Принципиальная схема предварительных усилителей воспроизведения на транзисторах.

на входе включен конденсатор C_3. Схема позволяет усиливать входной сигнал не менее чем в 5 раз при входном активном сопротивлении более 2 *ком* и приведенном ко входу уровне шума (при короткозамкнутом входе схемы) не более 10—15 *мкв*. Подобный усилитель обычно применяют с головками, имеющими индуктивность 15—25 *мкгн*. В случае применения головок с малой индуктивностью (5—6 *мкгн*) применяют бесконтактный токосъемник и входной повышающий трансформатор (рис. 41, *б*). Для повышения входного общего сопротивления усилителя в цепь эмиттера транзистора первого каскада (T_1) вводят частотно-зависимую обратную связь R_2C_4.

Хорошие результаты могут быть получены при применении в первом каскаде полевого транзистора с индуцированным каналом. Схема комбинированного усилителя с обратной связью, в которой

использован полевой транзистор, приведена на рис. 41, *в*. Она обладает малыми шумами и стабильными параметрами. При большом коэффициенте усиления каждого из двух каскадов суммарный коэффициент усиления не зависит от параметров транзисторов и равен:

$$K = (R_2 + R_4)/R_2.$$

Частотные свойства усилителя могут быть улучшены введением положительной обратной связи, которая уменьшает входную емкость усилителя. Так как ток в цепи затвора отсутствует, то активное входное сопротивление схемы очень велико и почти не шунтирует головку.

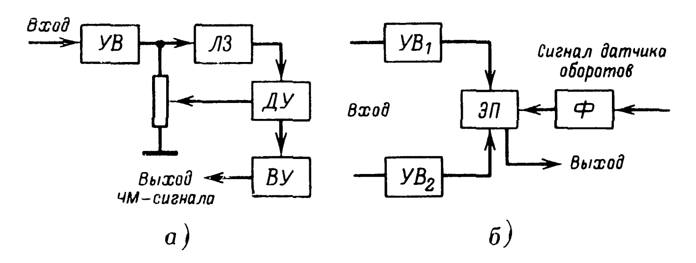


Рис. 42. Структурная схема оконечных усилителей для видеомагнитофона с одной (*а*) и двумя вращающимися головками с электронным переключателем (*б*).

УВ — усилитель; *ЭП* — электронный переключатель; *Ф* — формирователь импульсов переключения; *ЛЗ* — линия задержки; *ДУ* — дифференциальный усилитель; *ВУ* — выходной усилитель; *УВ* — предварительный усилитель канала.

Входная емкость предварительного усилителя может быть сведена к минимуму и путем применения каскодного усилителя на биполярных высокочастотных транзисторах (рис. 40, *г*). Этот усилитель также обладает широкой полосой пропускания и малым уровнем собственных шумов.

С выхода предварительного усилителя сигнал поступает на оконечный усилитель воспроизведения. Этот усилитель в основном предназначен для коррекции неравномерности частотной характеристики канала запись-воспроизведение. Если он используется в видеомагнитофоне с одной вращающейся головкой, то в его схему вводят компенсатор длительного выпадения (рис. 42, *а*). В случае его использования в видеомагнитофонах с двумя вращающимися головками количество оконечных усилителей удваивается и на выходе их помещают электронный коммутатор головок или смеситель сигналов от двух каналов (рис. 42, *б*).

Оконечный усилитель воспроизведения по схеме, приведенной на рис. 43, применяют в видеомагнитофоне с одной вращающейся головкой. Входной ЧМ-сигнал поступает на усилитель T_1 и через эмиттерный повторитель T_2 проходит на вход линии задержки, которая совместно со схемой дифференциального усилителя на транзисторах T_4 и T_5 образует частотный корректор с косинусоидальной характеристикой. Линия согласована со стороны входа и разомк-

нута на выходе. Поэтому на выходе линии имеется только сигнал пришедший со входа, а на входе — сумма входного сигнала и сигнала, отраженного от конца линии. На один вход дифференциального усилителя поступает сигнал с выхода линии задержки, а на другой — с ее входа через транзистор T_3. Амплитуду сигнала от входа регулируют потенциометром R_{10}. Если регулятор поставить в нулевое положение, то частотная характеристика усилителя воспроизведения станет равномерной. Если же на дифференциальный усилитель подать сигналы с максимальной амплитудой, то частотная

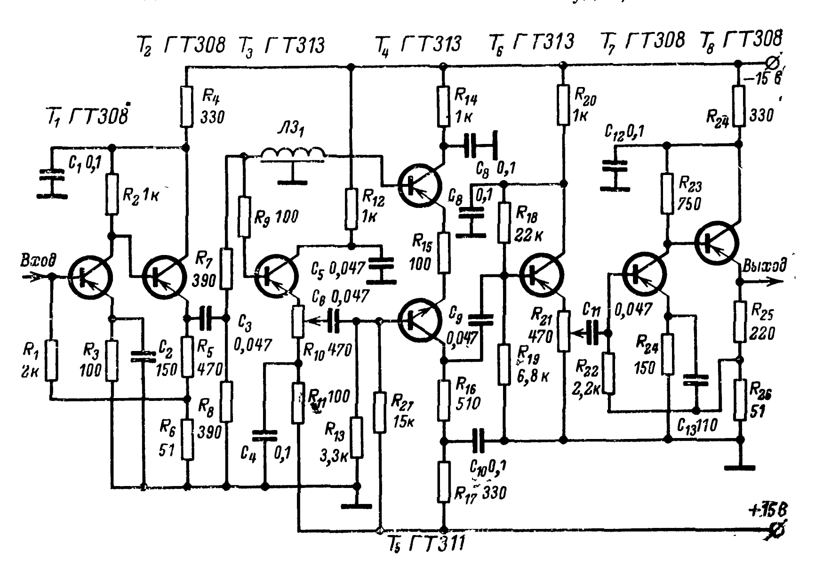


Рис. 43. Принципиальная схема оконечного усилителя воспроизведения.

характеристика приобретет форму косинусоиды. Частотный корректор с косинусоидальной характеристикой корректирует неравномерность сквозной частотной характеристики, сохраняя фазовые соотношения составляющих воспроизводимого ЧМ-сигнала, что необходимо для уменьшения дифференциальных искажений в видеосигнале. На выходе оконечного усилителя перед выходными каскадами обычно включают регулятор уровня для компенсации различия в э. д. с. при замене магнитных головок.

Выше указывалось, что при переходе головки с верхнего края ленты на нижний возникает длительное выпадение, во время которого на выходе демодулятора возникает сильная шумовая помеха, которая может привести к нарушению синхронизации. Для ликвидации этой помехи к выходному сигналу канала воспроизведения во время длительного выпадения добавляют сигнал с частотой, соответствующей уровню гасящих импульсов. Этот сигнал создается автогенератором, собранным по схеме емкостной трехточки на транзисторе T_5 (рис. 44). Во время воспроизведения сигнала с магнит-

ной ленты автогенератор не работает. Появлению длительного выпадения предшествует импульс тахогенератора, запускающего ждущий мультивибратор (транзисторы T_1 и T_2). Длительность импульсов мультивибратора регулируется в небольших пределах для того, чтобы замещающий сигнал точно поместить на выпадение. Задний фронт мультивибратора запускает второй ждущий мультивибратор (транзисторы T_3 и T_4), во время импульса которого начинает работать автогенератор, замещающий выпадения. Схема позволяет подстраивать как частоту, так и длительность замещающего сигнала. Эта схема может быть использована также для компенсации выпа-

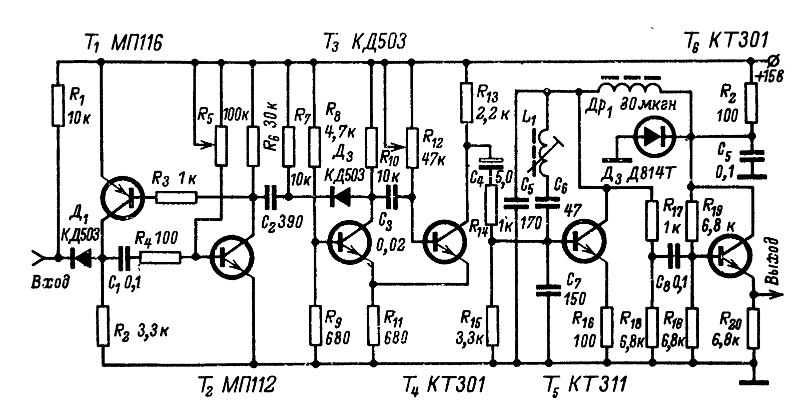


Рис. 44. Принципиальная схема компенсатора длительного выпадения сигнала.

дений, вызванных дефектами магнитной ленты, фиксированным замещающим сигналом. Для этого в канал воспроизведения вводят детектор выпадений, реагирующий на снижение полезного сигнала, воспроизводимого головкой. Детектор управляет работой автогенератора. Однако в этом случае возникает опасность, что при неудачной регулировке детектора будут замещаться не только выпадения, но и незначительное уменьшение отдачи головки, что приведет к значительным искажениям сигнала.

13. Система обработки воспроизводимого сигнала

При воспроизведении телевизионного сигнала на видеомагнитофоне импульсная часть сигнала ухудшается как в отношении качества фронтов и вершин импульсов, так и в отношении временно́й стабильности. Это ухудшение возникает под воздействием шумовых и импульсных помех хаотического и регулярного характера, а также из-за остатков несущей частоты и наличия муара после демодуляции. Помехи приводят либо к сбою строчной или кадровой синхронизации, либо к искривлению вертикальных линий на изображении, возникающего из-за несовпадения фактического момента начала строки с истинным, соответствующим записанному видеосигналу.

По этой причине в видеомагнитофоне предусматривают специальные устройства, обрабатывающие импульсную часть воспроизводимого сигнала и устраняющие ее дефекты. Наиболее неприятен сбой кадровой синхронизации. Так как сигналы от бытового видеомагнитофона обычно воспроизводят на домашнем телевизоре и в эфир не передают, то кадровый синхроимпульс часто упрощают, заменяя его специально сформированным кадровым синхроимпульсом без врезок. Строчные гасящие и синхроимпульсы регенерируют, заменяя их новыми, получаемыми либо от импульсного генератора с автоматической подстройкой частоты и фазы (инерционная система синхронизации), либо от специального датчика строчных импульсов (безынерционная система синхронизации). В этом случае на валу диска головок помимо датчика оборотов, выходной сигнал которого равен полукадровой частоте, устанавливают тахогенератор для получения импульсов строчной частоты $f_{\text{стр}}$. Такой тахогенератор выполняют в виде индукционной катушки с разрезным кольцевым магнитопроводом (рис. 45). Магнитопровод состоит из статора, закрепленного неподвижно, и ротора, вращающегося вместе с диском. При совмещении зубцов ротора и статора индуктивность катушки резко увеличивается, и поэтому во время вращения диска в ее обмотке возникает переменное напряжение с частотой, равной

$$f_{\text{стр}} = nz,$$

где $n = 3\,000$ *об/мин* — число оборотов диска; $z = 625$ — число зубьев на диске датчика.

Некоторые сложности вызывает изготовление этого датчика, так как его основу составляет диск с большим числом зубьев. При диске диаметром 63 *мм* модуль зубьев должен быть равен $m = 0{,}1$, а шаг $b = 0{,}3$ *мм*. Кроме того, необходим равномерный зазор между диском и полюсным наконечником таходатчика, которые должны иметь внутреннюю насечку. Для облегчения изготовления датчика иногда уменьшают число зубьев вдвое (т. е. при $z = 313$, $m = 0{,}2$, $b = 0{,}6$). В этом случае сигнал от датчика предварительно подается в схему умножения на 2 (например, двухполупериодный выпрямитель с удвоением частоты), а затем уже используется в системе обработки. Частота сигнала от строчного тахогенератора оказывается жестко связанной со скоростью вращения диска с головкой. В то же время этот сигнал совершенно не зависит от качества записи синхроимпульсов на ленту, тем самым полностью исключаются помехи на синхроимпульсах, присущие магнитной записи.

Структурная схема одного из возможных вариантов устройства для подобной обработки сигнала приведена на рис. 46. Видеосигнал поступает в усилитель, имеющий схему привязки, в котором обрезаются воспроизводимые синхроимпульсы, а уровень гасящих импульсов строго фиксируется. Одновременно с датчика оборотов диска приходят импульсы полукадровой частоты, из которых ждущие мультивибраторы формируют новые полукадровые гасящие и синхроимпульсы. Новые строчные гасящие и синхроимпульсы, а также импульсы привязки вырабатываются соответствующими ждущими мультивибраторами, которые ведутся сигналом от датчика. Видеосигнал и вновь сформированная синхросмесь попадают в общий смеситель, на выходе которого образуется полный видеосигнал, поступающий через видеоусилитель на выход видеомагнитофона.

Рассмотренная система обработки сравнительно проста, надежна и применяется во многих бытовых видеомагнитофонах. Следует

указать еще одно важное достоинство этой системы. Она может быть с успехом использована в видеомагнитофонах с аккумуляторным питанием, так как частота строк и частота полукадров в этой системе целиком определяются числом оборотов диска тахогенератора, механически связанным с диском головки. Даже если частота вращения диска с головкой будет несколько отличаться от номинала, то сбоя синхронизации изображения не произойдет, так как развертка телевизора будет синхронизироваться высококачественными внешними синхросигналами, частота которых изменяется вместе с изменением числа оборотов диска.

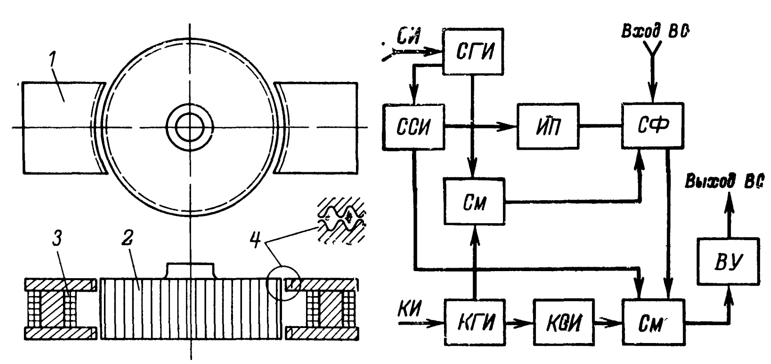


Рис. 45. Устройство электромагнитного тахогенератора импульсов строчной синхронизации.

1, 2 — статор и ротор тахогенератора; *3* — катушки с обмоткой; *4* — профиль зубцов магнитопровода.

Рис. 46. Функциональная схема безынерционной системы обработки воспроизводимого видеосигнала.

СГИ — схема формирования строчных гасящих импульсов; *ССИ* — схема формирования строчных синхроимпульсов; *КСИ* — схема формирования кадровых синхроимпульсов; *ИП* — схема формирования импульсов привязки; *См* — смеситель; *СФ* — схема привязки; *ВУ* — видеоусилитель; *КГИ* — схема формирования кадровых гасящих импульсов.

Вместе с тем эта система обработки не лишена недостатков. Во-первых изготовление строчного тахогенератора вызывает большие затруднения технологического характера из-за мелкого модуля зубьев и неизбежной эллиптичности внутреннего диска. Во-вторых, при вращении диска с головкой часто возникают качания, вызываемые затиранием подшипников или нестабильными проскальзываниями в ременной передаче. Эти качания приводят к изменению скорости диска за один оборот, т. е. к изменению мгновенной скорости воспроизведения дорожки записи.

Так как положение полукадровых импульсов во времени не меняется, то воспроизводимое изображение плавно или рывками начинает перемещаться по вертикали. Еще труднее получить стабильность горизонтального масштаба. Если допустить, что диск с головкой будет вращаться равномерно и строчные импульсы будут следовать через равномерные временные интервалы, лента из-за детонации будет перемещаться по цилиндрической направляющей

неравномерно и произойдет смещение воспроизводимого видеосигнала относительно синхроимпульсов. Это смещение приведет к искривлению вертикальных линий, если телевизор имеет инерционную синхронизацию. Смещение в значительной степени зависит от величины детонации и постоянной времени автоподстройки частоты и фазы строчной развертки телевизора; для уменьшения этих искажений полезно постоянную времени АПЧ и Ф подобрать экспериментально.

Когда лентопротяжный механизм выполнен со сравнительно малой детонацией (не более 0,25%) и горизонтальные временны́е искажения от неравномерности движения ленты или ее вертикального перемещения на цилиндрической направляющей невелики, имеет смысл выполнить систему обработки с инерционной строчной синхронизацией без строчного таходатчика. При этом качество работы системы обработки будет определяться качеством выделения строчных синхроимпульсов из воспроизводимого сигнала и работой схемы автоматической подстройки частоты и фазы. Функциональная схема одного из вариантов такой системы обработки приведена на рис. 47. Входной сигнал от демодулятора поступает на вход амплитудного селектора *1* и видеоусилителя *3*. Выделенные селектором синхроимпульсы поступают на схему АПЧ и Ф, а также в схему выделения кадровой синхрогруппы *5*. Задающий генератор, а также схема АПЧ и Ф формирует эталонные прямоугольные импульсы строчной частоты длительностью 11 *мксек*, которые используются в качестве строчных гасящих импульсов.

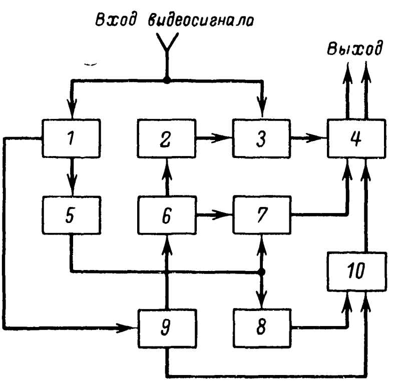


Рис. 47. Функциональная схема инерционной системы обработки.

1 — амплитудный селектор; *2* — формирователь импульсов привязки; *3* — видеоусилитель со схемой привязки; *4* — усилитель-распределитель; *5* — схема выделения кадровой синхрогруппы; *6* — формирователь строчных синхроимпульсов; *7* — смеситель синхроимпульсов; *8* — формирователь кадровых гасящих импульсов; *9* — АПЧ и Ф с задающим генератором; *10* — смеситель гасящих импульсов.

Формирование гасящих импульсов происходит следующим образом. Выделенная синхрогруппа кадровой частоты поступает на схему формирования кадровых гасящих импульсов *8*. Начало гасящего импульса совпадает с началом первого выделенного синхроимпульса двойной строчной частоты из кадровой синхрогруппы. Гасящая смесь образуется в смесителе гасящих импульсов *10* и затем поступает на оконечный видеоусилитель *4* Формирование полной смеси синхроимпульсов происходит в смесителе *7*, на который подаются строчные синхроимпульсы и кадровая синхрогруппа. Строчные синхроимпульсы вырабатываются из гасящих строчных импульсов, поступающих от задающего генератора, который подстраивается по частоте и фазе сигналом, образующимся в результате сравнения фазы воспроизводимых строчных синхроимпульсов и строчных импульсов, выра-

батываемых генератором. Передний фронт синхроимпульсов задерживается на 0,5—1 *мксек* по отношению к переднему фронту строчного гасящего импульса, а их длительность составляет 5 *мксек*. В видеоусилителе происходит фиксация уровня черного в видеосигнале путем использования управляемой схемы фиксации.

Импульсы привязки образуются из строчных синхроимпульсов, их длительность 2,5—3 *мксек,* и они сдвинуты по отношению к заднему фронту строчного синхроимпульса на 1 *мксек*. Полный телевизионный сигнал окончательно формируется на выходе оконечного видеоусилителя. Эта система обработки обладает высокой помехоустойчивостью и точностью, однако применима лишь с высококачественным лентопротяжным механизмом.

14. Канал звукового сопровождения

Сигналы звукового сопровождения телевизионной передачи в бытовых видеомагнитофонах обычно записываются неподвижной универсальной магнитной головкой по нижнему краю ленты (см. рис. 7). Для уменьшения габаритов и упрощения аппарата применяют универсальный усилитель. Его схема мало отличается от схем, применяемых в обычных магнитофонах. Частотную коррекцию выбирают стандартной, принятой для $v_л = 19$ *см/сек.*

Так как для записи звука используется дорожка шириной всего лишь 0,7 *мм,* то э. д. с. головки при воспроизведении весьма мала. Поэтому усилитель должен быть выполнен на малошумящих транзисторах и в нем должны быть приняты меры для снижения помех.

Одновременно с записью звука в видеомагнитофоне работает большое количество электронных блоков, и уровень помех может быть высок. По этой причине источники питания видеомагнитофона разделяют на секции с раздельными фильтрами и стабилизаторами и обращают внимание на правильный монтаж и экранировку соединительных жгутов. Усилитель, универсальную магнитную головку и провода от головки до усилителя экранируют.

Для стирания записи в видеомагнитофонах часто применяют ферритовые стирающие головки. Они экономичнее и эффективнее металлических, но сильнее изнашивают рабочий слой дорогой магнитной ленты для видеозаписи. Так как эта лента имеет толщину не больше 35 *мкм*, стирающую головку можно располагать с обратной стороны, т. е. со стороны основы (при этом мощность генератора необходимо увеличить на 50%). Это облегчает конструирование лентопротяжного механизма и значительно уменьшает износ ленты. Обычно генератор для стирания и подмагничивания делают общим.

Принципиальная схема (рис. 48) генератора состоит из задающего автогенератора, собранного по автотрансформаторной схеме на транзисторе T_1, фазовращающего каскада на транзисторе T_2 и выходного несимметричного двухтактного каскада на мощных транзисторах T_3 и T_4. Головку стирания подключают через повышающий автотрансформатор и настраивают в резонанс конденсатором C_7. Напряжение высокочастотного подмагничивания снимается с резистора R_{16} и через подстроечный резистор R_{17} подается в универсальную головку звукового канала. Мощность генератора достаточна для того, чтобы стереть запись ленты шириной 25,4 *мм* со сто-

роны основы до уровня — 50 *дб* (ток стирания ~300 *ма,* частота стирания 50 *кгц).*

При обычном способе для записи звука приходится использовать часть полезной площади магнитной ленты, а на лентопротяжный механизм устанавливать отдельную магнитную головку. Вместе с тем звуковые сигналы можно записывать с сигналами изображения на одной и той же дорожке двумя принципиально различными способами. Во-первых, фазовой или частотной модуляцией строчных синхроимпульсов, или специальных импульсов, передаваемых во время строчного гасящего импульса, что довольно сложно и в бытовой видеозаписи применяется редко. Во-вторых, путем записи

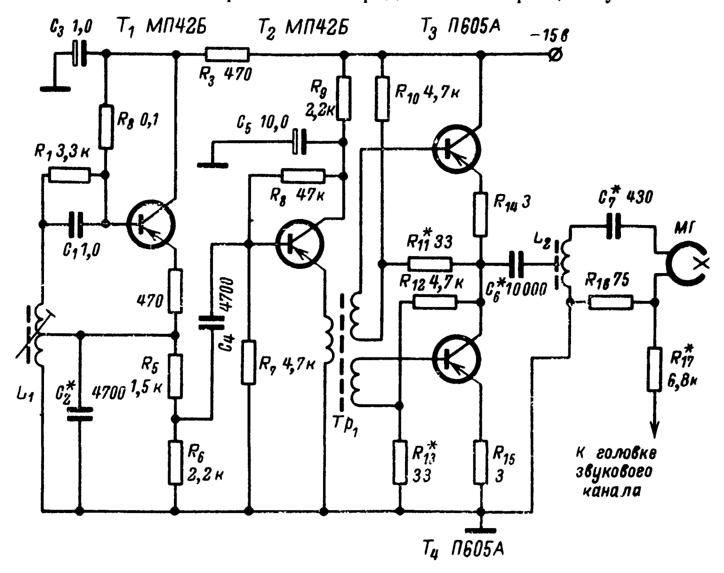


Рис. 48. Принципиальная схема генератора стирания и подмагничивания.

вместе с видеосигналом вспомогательной поднесущей, промодулированной звуковым сигналом. Звуковую поднесущую обычно располагают на частотах, лежащих ниже составляющих спектра, в котором записывается видеосигнал.

Качество звукового сопровождения, записываемого подобным способом, получается не хуже, чем записываемого обычным путем, однако во время длительного выпадения в момент перехода головки с верхнего края ленты на нижний или при переключении головок возникает помеха с частотой 50 *гц*. Экспериментально установлено, что эта помеха не прослушивается, если выпадение не превышает 50 *мксек*.

Структурная схема канала с записью звука методом частотной модуляции приведена на рис. 49. При записи звуковой сигнал подвергается предыскажениям и поступает в модулятор *8,* где модулирует несущую звука, а видеосигнал подается в модулятор *1* и

модулирует несущую изображения. При этом должно выполняться условие

$$f_0 - F_в > 2 \div 3\,(f_{0з} + f_{вз}),$$

где $F_в$ — верхняя частота видеосигнала;

f_0 — несущая видеоканала;

$f_{0з}$ — несущая звукового канала;

$f_{вз}$ — верхняя звуковая частота.

Оба частотно-модулированных сигнала смешиваются в смесителе 2, усиливаются усилителем записи 3 и записываются на ленту магнитной головкой.

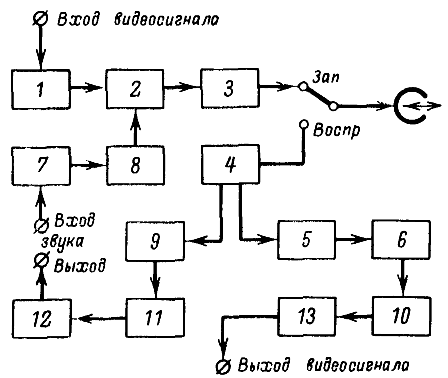


Рис. 49. Структурная схема канала для записи звука методом частотной модуляции.

1 — модулятор видеосигнала; *2* — смеситель ЧМ-сигнала; *3* — усилитель записи; *4* — усилитель воспроизведения; *5* — фильтр ВЧ; *6* — ограничитель; *7* — предкорректор звукового канала; *8* — модулятор звука; *9* — фильтр НЧ; *10* — демодулятор видео; *11* — демодулятор звука; *12* — декорректор звука; *13* — система обработки видео.

При воспроизведении сигнал от магнитной головки усиливается усилителем *4* и разделяется фильтрами *5* и *9* на два канала. Высокочастотная составляющая проходит фильтр *5*, ограничивается ограничителем *6*, демодулируется демодулятором *10* и подается в систему обработки *13*. Низкочастотная составляющая отделяется фильтром *9* и демодулируется демодулятором *11*. После демодуляции звуковой сигнал подвергается коррекции, усиливается и поступает на выходе видеомагнитофона. Рассмотренный метод записи звукового сопровождения особенно удобен для видеомагнитофонов с двумя вращающимися головками и видеомагнитофонов с одной вращающейся головкой с трактом типа α-петли, в которых длительное выпадение обычно не превышает 20—30 *мксек*.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПРИМЕНЕНИЕ БЫТОВЫХ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

15. Совместная работа видеомагнитофона с телевизором

При использовании видеомагнитофона в домашних условиях наибольший интерес представляет его совместная работа с телевизором. Видеомагнитофон подключают к телевизору через специальное устройство, называемое адаптером, в функции которого входят ввод и вывод сигналов звукового сопровождения и видеосигналов. Адаптер встраивают в телевизор и соединяют с видеомагнитофоном отдельным кабелем,

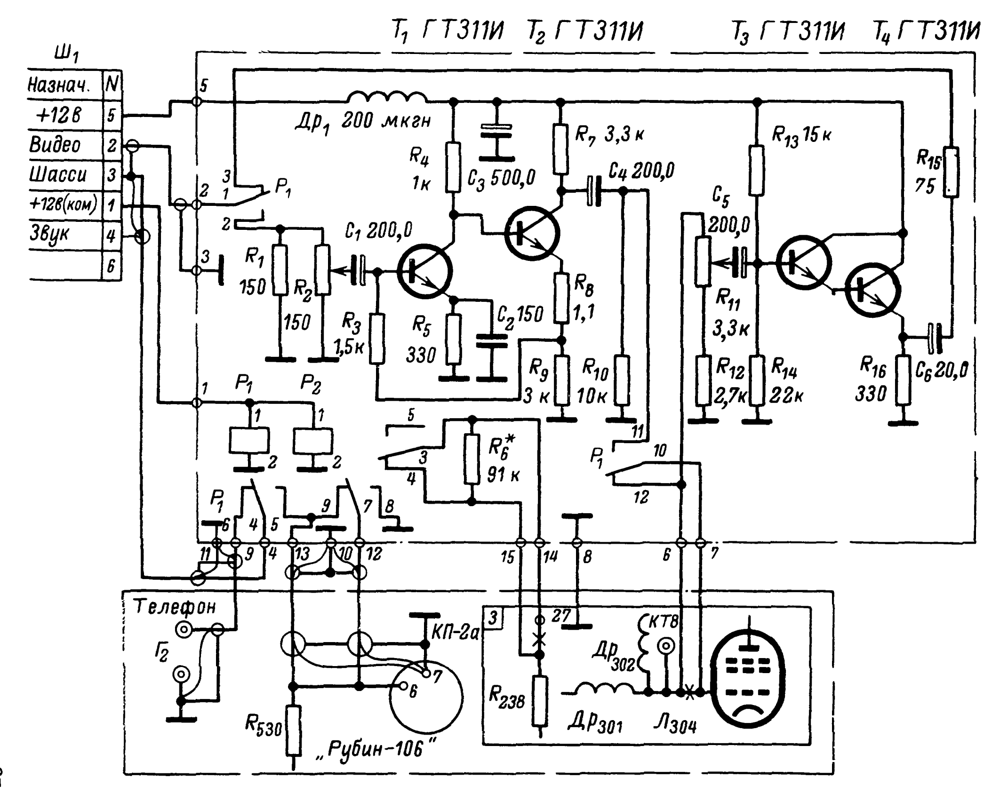


Рис. 50. Принципиальная схема телевизионного адаптера для телевизора „Рубин-106".

Один из вариантов схемы такого адаптера для отечественного телевизора приведен на рис. 50. Подключение адаптера к телевизору связано с небольшими переделками в его принципиальной схеме и монтаже. Это создает некоторое неудобство, однако рекомендуемая схема проста в настройке и обеспечивает высокое качество записи и воспроизведения. Обозначения элементов в блоках, обведенных пунктиром на рис. 50, соответствует обозначениям на заводской схеме телевизора «Рубин-106».

Работает адаптер следующим образом. При записи на выходе видеодетектора телевизора (контрольная точка *КТ-8*) параллельно лампе $Л_{304}$ подключают составной эмиттерный повторитель, собранный на транзисторах T_3 и T_4. С его выхода через резистор R_{15} и контакты реле P_1 сигнал поступает на разъем (зажим *2*) и далее по соединительному кабелю на вход видеомагнитофона. Регулятор R_{11} служит для установки номинальной амплитуды сигнала на входе видеомагнитофона. Звуковое сопровождение снимается с телефонных гнезд телевизора (гнездо $Г_2$) и через тот же разъем (зажим *4*) подается на вход звукового канала видеомагнитофона.

При воспроизведении сигнал с выхода видеомагнитофона поступает на вход адаптера (зажим *2*) и через контакты реле P_1 и регулятор уровня R_2 попадает на вход согласующего усилителя с глубокой отрицательной обратной связью, собранного на транзисторах T_1 и T_2. С выхода этого усилителя сигнал подается на сетку лампы $Л_{304}$, проходит по цепям телевизора и воспроизводится на его экране. Звуковое сопровождение подается с выхода видеомагнитофона на звуковой вход адаптера (зажим *4*) и через контакты реле P_1, разъем *КП-2а* и усилитель звука поступает в громкоговоритель телевизора. Для того чтобы на воспроизводимое изображение не накладывалось принятое с эфира телевизионное изображение, приемная часть телевизора разрывается около сопротивления R_{238} между контрольной точкой *КТ-8* и сеткой лампы $Л_{304}$. Из режима «запись» в режим «воспроизведение» адаптер переключается с помощью реле P_1 и P_2, на которые подается коммутирующее напряжение (зажим *1*) при нажатии соответствующих органов управления видеомагнитофона.

Для получения высококачественных записей на видеомагнитофоне необходимо тщательно настраивать телевизор на принимаемую станцию. Неточная настройка может привести к ограничению синхросигналов и изменению стандартных соотношений в полном телевизионном сигнале, что вызовет нарушение в работе электронных схем видеомагнитофона. При записи следует обращать особое внимание на правильный выбор девиации с тем, чтобы пики белого не приводили к перемодуляции и появлению муара.

Вместе с тем, малая девиация приведет к увеличению шума на изображении. Величину девиации контролируют по отклонению стрелки специального индикатора, встроенного в видеомагнитофон. Принципиальная схема подобного индикатора изображена на рис. 51. Особенность его заключается в широкополосности входного усилителя и значении выбранных постоянных времени заряда $\tau_з$ и разряда $\tau_р$ детектора. Постоянная времени заряда взята минимальной, равной 1,5 *мксек*, а разряда — максимальной. В схеме на рис. 51 их отношение составляет

$$\frac{\tau_з}{\tau_р} = 15 \cdot 10^{-6}.$$

Этого удалось достигнуть путем использования в цепи разряда детектора усилителя на полевом транзисторе, имеющего высокое входное сопротивление. Индикатор стрелочного типа включен в диагональ моста. Его можно заменить электроннооптическим инди-

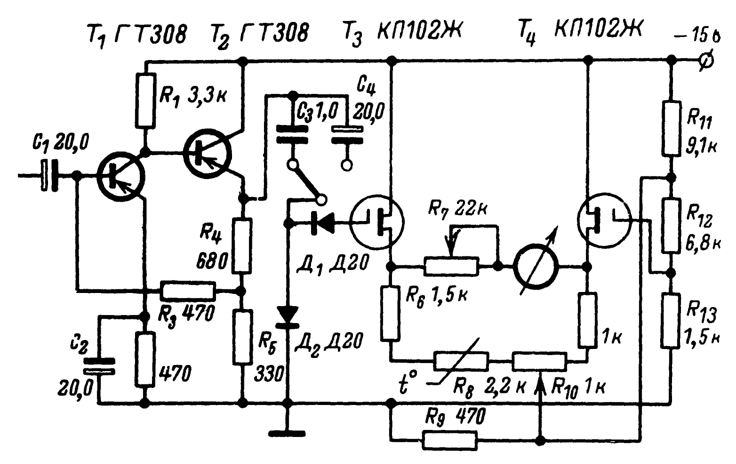


Рис. 51. Принципиальная схема индикатора уровня телевизионного сигнала.

катором или газосветной лампой. Рассмотренный индикатор обычно используется как универсальный для контроля входного и выходного уровней видео- и звукового сигнала.

16. Запись изображения с телевизионной камеры

Очень удобным источником программ в домашних условиях может быть портативная телевизионная камера. Такие камеры обычно выполняют на транзисторах с питанием от сети или аккумуляторов. Источником сигнала в них служат чувствительные передающие телевизионные трубки типа видикон (например, ЛИ-217). Их снабжают светосильным объективом с переменным фокусным расстоянием, и, кроме того, они имеют собственный упрощенный синхрогенератор. Лучшие из них снабжены электронным визиром. Если электронный визир отсутствует, то его заменяют обычным телевизором, используемым как видеоконтрольное устройство. Видеомагнитофон в комплекте с камерой и телевизором может быть использован для создания телевизионных программ в домашних условиях.

Рассмотрим совместную работу комплекта аппаратуры, состоящего из телекамеры, видеомагнитофона, телевизора, магнитофона, микрофона и проигрывателя. Передающую телекамеру *1* (рис. 52) соединяют со входом видеомагнитофона *2,* а на выход видеомагнитофона включают телевизор *3* со встроенным адаптером. Для записи звукового сопровождения к видеомагнитофону подключают микрофон *4,* проигрыватель *5* или магнитофон *6.* Перед записью по изображению на экране телевизора проверяют фокусировку объектива, кадрируют и проверяют освещение. Особое внимание следует

обратить на освещение светлых и сильно отражающих поверхностей. Уровень сигнала, соответствующего этим поверхностям, может быть настолько высоким, что возникнет перемодуляция. В результате при воспроизведении белые участки изображения будут прорезаны черными штрихами и запись окажется дефектной. В то же время уменьшение девиации нежелательно потому, что темные предметы будут воспроизводиться с большим уровнем шума. Поэтому записываемый объект должен быть равномерно и хорошо освещен, а поверхности с бликами следует затемнить или удалить совсем. Правила и порядок записи звукового сопровождения такие же, как и в обычных магнитофонах.

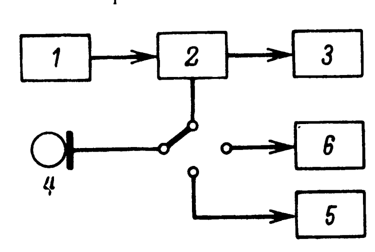


Рис. 52. Блок-схема соединения приборов в комплекте.

1 — передающая телевизионная камера; 2 — видеомагнитофон; 3 — телевизор со встроенным адаптером; 4 — микрофон; 5 — проигрыватель; 6 — магнитофон.

Передающая телекамера совместно с кинопроектором и видеомагнитофоном может быть использована для перезаписи кинофильмов. Однако для этого потребуется довольно значительная переделка кинопроектора, так как необходимо синхронизировать смену телевизионных и кинокадров. Подобный комплект аппаратуры значительно расширяет возможности видеомагнитофона в домашних условиях.

17. Режим замедленного, ускоренного и остановленного кадров

Интересное свойство видеомагнитофонов с одной и двумя вращающимися головками заключается в возможности получения относительно простыми средствами замедленного, ускоренного и остановленного изображения.

Как было показано выше, для того, чтобы изображение воспроизводилось без искажений, необходимо попасть воспроизводящей головкой на наклонную строчку записи. Для этого требуется выдержать отношение скоростей головки и ленты постоянным, т. е.

$$\frac{v_{г.з}}{v_{л.з}} = \frac{v_{г.в}}{v_{л.в}} = \text{const},$$

где $v_{г.з}$ и $v_{л.з}$ — скорость головки и ленты при записи; $v_{г.в}$ и $v_{л.в}$ — скорость головки и ленты при воспроизведении.

Если изменять при воспроизведении скорость головки и ленты одновременно, сохраняя их соотношение, то число полукадров, воспроизводимых в секунду, будет изменяться в соответствии с изменением числа оборотов N диска с головками. При этом если N диска $> 3\,000$ *об/мин*, то движение предметов на экране ускорится, а при N диска $< 3\,000$ *об/мин* — замедлится. Конечно, практически такой режим требует некоторых усложнений лентопротяжного механизма и схемы коммутации видеомагнитофона, но он позволяет получать на экране очень интересные эффекты.

Если ленту совершенно остановить, то можно за полный оборот диска воспроизводить одну строчку записи. При этом на экране

возникнет изображение одного «остановленного» полукадра. Такой режим воспроизведения может сохраняться несколько минут. При более длительной «остановке» возникает сильный износ и выкрашивание рабочего слоя ленты.

Режим остановленного изображения в бытовых видеомагнитофонах осуществляют следующим путем. Во время воспроизведения от ведущего вала отводят прижимные ролики. Одновременно увеличивают натяженне со стороны приемного узла. К подающему узлу подводят тягу, позволяющую плавно менять подтормаживание ленты в широких пределах. Пользуясь этой тягой, меняют натяжение ленты на барабане и добиваются того, чтобы головка во время вращения касалась точно всей воспроизводимой строчки записи. О наступлении этого момента можно судить по изображению на экране. Если головка в начале или конце сходит с записанной строчки, то верхняя или нижняя часть изображения искажается.

При «остановке» изображения важно найти необходимый полукадр. Его поиск ведут следующим путем. Обычно при отводе прижимных роликов лента полностью останавливается. Из-за уменьшения натяжения ленты на барабане и изменения числа оборотов диска по причине отсутствия контрольного сигнала с ленты головка начинает воспроизводить несколько строчек. На экране возникает несколько периодически мелькающих полукадров изображения, по которым определяют их содержание. Если полукадр отличается от требуемого, то ослабляют подтормаживание на подающем узле и лента начинает медленно перемещаться. При этом на экране будут перемещаться укороченные по вертикали полукадры, разделенные шумовыми полосами. Когда требуемый полукадр будет найден, подтормаживание на подающем узле увеличивают до тех пор, пока лента не остановится, а головка не начнет воспроизводить выбранную строчку. Если подтормаживанием этого достичь не удается, то число оборотов диска регулируют изменением постоянного подмагничивания в индукционном тормозе системы управления.

Отметим, что в том случае, когда кадровый синхроимпульс формируется системой обработки от импульса датчика скорости вращения диска, никаких переключений в видеоканале не требуется. Если кадровая синхронизация происходит воспроизводимым импульсом, то вертикальная синхронизация «при остановке» может стать неустойчивой и потребуется некоторая переделка системы обработки для ликвидации этого дефекта. Режим остановленного изображения очень удобен для настройки и проверки видеомагнитофона. Наблюдая изменение э. д. с. головки в процессе воспроизведения одного полукадра, легко оценить качество изготовления барабана, биение диска с головкой, установку ограничителей вертикального смещения ленты по барабану и другие механические характеристики лентопротяжного механизма. «Остановка» полукадра помогает отрегулировать лентопротяжный механизм так, чтобы на нем воспроизводились не только собственные записи, но и записи, сделанные на других видеомагнитофонах аналогичной конструкции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 21 коп.